



***VARIABILIDAD OSTEOMÉTRICA ASOCIADA A DIMORFISMO SEXUAL
EN RÓTULAS PROVENIENTES MEDELLÍN, ANTIOQUIA, COLOMBIA***

EMANUEL RUIZ RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS

DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA

MEDELLÍN, COLOMBIA

2018

**VARIABILIDAD OSTEOMÉTRICA ASOCIADA A DIMORFISMO SEXUAL EN RÓTULAS
PROVENIENTES MEDELLÍN, ANTIOQUIA, COLOMBIA**

EMANUEL RUIZ RODRÍGUEZ

Tesis de Grado para optar al título de Magíster en Antropología –en línea de investigación osteológica y forense–

Directora de Tesis

TIMISAY MONSALVE VARGAS, Ph.D.

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS
MEDELLÍN, COLOMBIA**

2018

TABLA DE CONTENIDO

1. Listado de Tablas y Figuras.....	3
2. Resumen ejecutivo.....	3
3. Agradecimientos.....	4
4. Capítulo 1: Marco teórico y contextual de la investigación.....	5
4.1. Introducción.....	5
4.2. Descripción del Problema de Investigación.....	7
4.3. Pregunta de Investigación.....	7
4.4. Objetivos de Investigación.....	8
4.4.1. Objetivo General.....	8
4.4.2. Objetivos Específicos.....	8
4.5. Hipótesis de Investigación y Justificación.....	8
4.6. Consideraciones y aspectos bioéticos.....	13
4.7. Contexto de la Investigación.....	14
4.7.1. Dimorfismo sexual.....	15
4.7.2. Dimorfismo sexual molecular.....	17
4.7.3. Dimorfismo sexual hormonal y relación con sistema endocrino.....	19
4.7.4. Anatomía, fisionomía y biomecánica patelares o rotulares.....	21
4.7.5. Rótulas anormales: variantes anatómicas y osteopatologías.....	25
4.7.6. Investigaciones previas con relación al dimorfismo sexual en rótulas humanas.....	27
5. Capítulo 2: Metodología de la investigación.....	29
5.1. Contexto metodológico.....	29
5.2. Descripción metodológica general.....	30
5.3. Metodología aplicada.....	30
6. Capítulo 3: Resultados y conclusiones.....	36
6.1. Resultados.....	36
6.2. Conclusiones.....	40
7. Discusión y consideraciones finales.....	44
8. Referencias Bibliográficas.....	46

LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla N° 1. Resumen de estudios reportados en el mundo para dimorfismo sexual con rótulas.....	28
Tabla N° 2. Definición de seis variables osteométricas de la rótula.....	32
Tabla N° 3. Estadísticos descriptivos de los diferentes grupos de variables.....	36
Tabla N° 4. Prueba paramétrica de normalidad Kolmogorov-Smirnov.....	36
Tabla N° 5. Prueba de Levene para cálculo de homocedasticidad de la muestra.....	37
Tabla N° 6. Prueba t de Student para muestras pareadas.....	38
Tabla N° 7. Prueba t de Student para muestras independientes.....	39
Tabla N° 8. Porcentajes de clasificación univariada no aceptados.....	40
Tabla N° 9. Porcentajes de clasificación multivariada aceptados.....	41
Figura N° 1. Proceso de maduración ósea de la rótula humana.....	23
Figura N° 2. Vista anterior extendida y semiflexionada de articulación de la rodilla.....	24
Figura N° 3. Ilustraciones de alteraciones congénitas de la rótula humana.....	26
Figura N° 4. Ilustraciones de alteraciones congénitas de la rótula humana.....	26
Figura N° 5. Vistas anterior, posterior y lateral de rótula izquierda con mediciones definidas.....	33

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación contextualiza al lector en la anatomía, fisiología y osteometría de la rótula humana. Se generan fórmulas estadísticas multivariadas con porcentajes de clasificación aceptados por la metodología científica para estimar el dimorfismo sexual de esqueletos humanos con base en sus rótulas. Se da un enfoque de aplicabilidad en contextos forenses y se contextualiza la necesidad de generar fórmulas discriminantes para estimar el sexo de los cadáveres en contextos de violencia y violaciones graves a los Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario en el conflicto armado colombiano. Finalmente se completan los objetivos planteados, generando estándares osteométricos para población colombiana, en esta estructura ósea poco estudiada en el ámbito del dimorfismo sexual.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, debo dar mi más profundo agradecimiento a mi directora de tesis, Dra. Timisay Monsalve Vargas, sin cuya guía, apoyo moral y académico, paciencia y comprensión, sobre-esfuerzo en la pedagogía de esta disciplina especializada para conmigo, su humanidad refinada y ante todo su exigencia, sin lo que este trabajo no hubiese sido posible. Gracias por su confianza y estímulo permanente.

Al director actual de la Maestría, Dr. Robert Dover, por su gestión impecable y adecuadas correcciones y sugerencias.

A mi progenitora, sin cuyo constante apoyo psicológico y físico, este proceso de formación no habría culminado con éxito.

A mis colegas de la línea de investigación, sin los cuales los espacios ilimitados de debate, risa y confusión se habrían obnubilado y la cohesión dialéctica no habría sido armónica.

A mis colegas laborales del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses por su retroalimentación permanente y motivación.

Al Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses por apoyar este proceso de formación con tiempos y permisos de jornadas laborales para cumplir las metas académicas.

A la Universidad de Antioquia por contribuir de manera inconmensurable en este proceso de formación e investigación, por los convenios con el Cementerio Universal y Parque Museo Cementerio San Pedro sin cuya gestión habría sido imposible medir componentes esqueléticos humanos; al grupo Giebscuerpo y al Laboratorio de Osteología Antropológica de la Universidad de Antioquia por el espacio permanente de gestión, retroalimentación y formación idóneas.

A los docentes que impartieron cátedras magníficas y nutritivas en cada uno de los seminarios y prácticas realizados en este proceso.

A mis tres felinas, sin cuya compañía silenciosa en medio de noches interminables, no habría podido realizar pausas activas adecuadas para el funcional rendimiento académico-laboral.

Capítulo 1: Marco teórico y contextual de la investigación

En este capítulo se presenta el contexto de la presente investigación, así como el marco lógico de la misma elucidando sus objetivos, problemática, contexto, justificación e hipótesis de investigación, aspectos bioéticos y el marco teórico del tema tratado en extensión.

1.1. Introducción

En la especie humana el dimorfismo sexual compromete la variación fisionómica externa o interna, hormonal, ósea y muscular entre hombre y mujer, acorde con los orígenes filogenéticos y poblacionales del grupo humano sometido a prueba. Algunas especies manifiestan más o menos dimorfismo que otras, siendo la humana una de las que así lo demuestra en un alto porcentaje –dependiendo de sus condiciones biodemográficas– más que cualquier otro primate (Weiss, 1972; Klepinger, 2006; Rodríguez, 2011). Los componentes esqueléticos hacen parte de las estructuras anatómicas que permiten estimar esta variable del perfil bioantropológico de un individuo, particularmente cuando no se cuenta con tejidos blandos (contextos bioarqueológicos o forenses).

Se han realizado investigaciones notables y extensas para estimar el sexo (dimorfismo sexual) en diferentes poblaciones humanas por diferentes investigadores en diferentes épocas (como se cita en Stewart, 1948; Krogman e Işcan, 1986; Moore-Jansen et al., 1994; Buikstra y Ubelaker, 1994; Rodríguez, 2004; Steele y Bramblett, 2007; Rodríguez, 2011; Işcan y Steyn, 2013; Sanabria, 2016), empleando particularmente el análisis morfológico y morfométrico del cráneo, la mandíbula (Giles y Elliot, 1963; Bass, 1987; France, 1998; Reverte-Coma, 1999; White y Folkens, 2005; Rosique et al., 2005; Isaza et al., 2014; Isaza, 2015; y Briggs, 2016; Osorio y Sanabria, 2016; entre muchos otros), algunas estructuras dentales como caninos y molares, los huesos coxales, el sacro, los fémures, las tibias, los húmeros, la clavícula y el esternón, estructuras que han manifestado estadísticamente poseer el mayor porcentaje para la confiabilidad del índice de dimorfismo sexual (Dwight, 1887; Washburn, 1948; Jovanović y Zivanović, 1965; Phenice, 1969; Palfrey, 1974; Krogman e Işcan, 1986; Buikstra y Ubelaker, 1994; Reverte-Coma, 1999; Krenzer, 2006; Rodríguez, 2011; Guerrero y Sanabria, 2013; DiGangi y Moore, 2013; Lee et al., 2015; Osorio y Sanabria, 2016) como los principales referentes puntuales en diferentes métodos desarrollados previamente en dimorfismo sexual postcraneal, principalmente en estructuras de miembros superiores e inferiores con altísimos porcentajes de precisión. No obstante, existen otras estructuras óseas del esqueleto humano (como las rótulas por ejemplo) que manifiestan dimorfismo sexual con un poco de menor grado o precisión probabilística, no siendo menos importante la estimación de sus estándares que puedan ser empleados en distintos contextos.

Ejemplo de lo anterior se extiende a resultados de investigaciones métricas con menor precisión como las realizadas por Ajmani et al. (1980), Ajmani (1990) o Harjeet y Shani (2002) cuyo análisis osteométrico se realizó con cartílagos laríngeos osificados evidenciando diferencias sexuales en el cartílago tiroideos, en el cricoides y en el aritenoides.

La estimación de sexo es uno de los parámetros del perfil bioantropológico (Rodríguez, 2004; Komar y Buikstra, 2007) que se realiza con el fin de orientar una identificación de un cuerpo. Esta estimación, consiste en clasificar o ubicar a un individuo sin identificar dentro de un grupo poblacional de referencia al cual es similar. En gran parte estas clasificaciones se realizan de acuerdo a los resultados de las evaluaciones morfológicas o morfométricas en diferentes estructuras óseas o accidentes anatómicos de las mismas (el diámetro vertical de la cabeza del fémur, por ejemplo). Al encontrar una confiabilidad cuantitativa de clasificación de un individuo a cierto grupo poblacional (en este caso si es mujer u hombre) permite reducir el espectro de posibilidades en la búsqueda de un desaparecido, descartando el 50% de la población buscada dependiendo del caso (como es ampliamente sugerido por Briggs, 2016). Sin embargo, establecer parámetros biológicos como el sexo de un cadáver incompleto o deteriorado resulta una tarea compleja. De allí la necesidad de generar estándares con estructuras óseas poco usuales que suelen preservarse muy bien –como las rótulas– en muchos contextos (sean arqueológicos o forenses).

La rótula es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo (Scheuer y Black, 2000; Steele y Bramblett, 2007), esto quiere decir que se forma al interior de un grupo de tendones; se ubica en el tercio distal y anterior del muslo, articula únicamente con el fémur y tiene funciones específicas de protección a la articulación de la rodilla así como funciones biomecánicas para los músculos del muslo y la pierna (Bass, 1987; White y Folkens, 2005).

La presente investigación busca obtener estándares osteométricos para la estimación de sexo con rótulas en cadáveres de población colombiana. Los resultados podrán ser utilizados como método alternativo, validado para nuestra propia población, en contextos de identificación de cadáveres complejos y con altos índices estadísticos de confiabilidad para la predicción.

1.2. Descripción del Problema de Investigación

Posterior a la emisión de la ley 975 de 2005 (ley de Justicia y Paz Colombiana), las autoridades colombianas han ubicado un ingente número de desaparecidos y de fosas clandestinas a lo largo del territorio colombiano. Se ha desencadenado una intensa búsqueda de desaparecidos para su posterior identificación donde activamente es participe el antropólogo forense (Kimmerle et al., 2008; Téllez, 2014; Sanabria, 2016).

En el trabajo de laboratorio, el equipo interdisciplinario integrado por médicos, antropólogos, odontólogos, genetistas y eventualmente peritos de otras áreas –como balística o lofoscopia–, se realizan los estudios forenses que contribuyen tanto a la identificación del cuerpo como al esclarecimiento de la causa, manera y mecanismo de la muerte incluyendo diagnósticos de posibles violaciones a los derechos humanos y al derecho internacional humanitario.

El análisis osteo-antropológico de restos humanos no identificados implica la reconstrucción del perfil bioantropológico u osteobiografía, el cual consiste en estimar la edad al morir, determinar el sexo, identificar características de filiación poblacional e identificar características individualizantes. Adicionalmente, exige la evaluación del trauma y osteopatologías –de existir– en el individuo. La identificación positiva o plena, así como la presuntiva, se logra una vez los datos obtenidos de la reconstrucción del perfil bioantropológico son comparados con datos *ante mortem* de la víctima (Krogman e Iscan, 1986; Krenzer, 2006; Rodríguez, 2011; Téllez, 2014; Sanabria, 2016).

Ya se ha indicado recientemente por diversos medios científicos la importancia de las técnicas estadísticas utilizadas (funciones discriminantes, ecuaciones lineales, inferencia bayesiana, entre otros) (Relethford y Hodges, 1985) para establecer dichas variables, deben proceder de estudios poblacionales desarrollados en la misma población a la que pertenece el cadáver, debido a la variabilidad poblacional observada y al error observado cuando se han puesto a prueba los métodos clásicos, desarrollados a partir de la población blanca norteamericana, en muestras europeas y asiáticas; en concreto, este fenómeno se ha observado en la discriminación sexual (Guerrero y Sanabria, 2013).

1.3. Pregunta de Investigación

¿Cómo la evaluación osteométrica para rótulas de una muestra estadísticamente significativa de esqueletos procedentes de la Colección Osteológica de Referencia de la Universidad de Antioquia¹, permite generar fórmulas matemáticas (estándares óseos) confiables y discriminantes, útiles a la estimación de sexo en esqueletos colombianos en condición de no identificados?

¹ Colección cuya custodia y manejo hace parte del Laboratorio de Osteología Antropológica de la Universidad de Antioquia.

1.4. Objetivos de Investigación

1.4.1. Objetivo General

Generar funciones osteométricas a partir del diagnóstico cuantitativo de una muestra de rótulas de hombres y mujeres de población colombiana, mestiza, adulta, contemporánea.

1.4.2. Objetivos Específicos

1.4.2.1. Establecer y documentar en la muestra cuáles son las variables osteométricas que mejor expresan el dimorfismo sexual, con el objetivo de generar funciones discriminantes que permitan establecer el sexo de un cadáver complejo con base en sus rótulas.

1.4.2.2. Generar funciones discriminantes con base en análisis matemáticos de la muestra de rótulas seleccionada mediante el uso de métodos propios de la estadística inferencial y descriptiva, para ser probadas y aplicadas con confiabilidad.

1.4.2.3. Establecer la variabilidad osteométrica de las características anatómicas y osteológicas propias de la rótula que determinan el dimorfismo sexual en la muestra analizada (población colombiana).

1.5. Hipótesis de Investigación y Justificación

La presente investigación encuentra su justificación en la necesidad de generar funciones osteométricas para las rótulas provenientes de población colombiana, aplicables con precisión para la estimación de sexo en cadáveres en condición de no identificados contemporáneos, y adicionalmente permitirá una aproximación a la variabilidad biométrica de este componente anatómico en nuestra población (desde Weiss, 1972, se ha determinado que la evaluación de una variable biológica debe ser con base en la población específica). El desarrollo de este tipo de investigación en osteología antropológica se hace cada vez más necesario con objeto de contribuir al proceso de identificación humana que realizan varias instituciones estatales, internacionales y no gubernamentales, más aún en nuestro país donde el conflicto armado interno, la cultura de violencia, los eventos catastróficos y desastres naturales dejan tras de sí múltiples víctimas que esperan por ser identificadas con plenitud.

Así pues, los resultados podrán complementar investigaciones y estándares que se establezcan por otros investigadores y podrán ser aplicados en el campo académico y forense para todos los que aborden el análisis del sexo en restos humanos –sean esqueléticos o no–. Adicionalmente será aportado conocimiento científico nuevo en la investigación antropológica biológica, física y forense en Antioquia y en Colombia, con base en la osteometría discriminante de éste componente anatómico.

Aunque la mayoría de métodos empleados para la estimación de sexo provienen de investigaciones con técnicas osteométricas u osteomorfológicas con cráneo y pelvis, es pertinente generar investigaciones locales con otras estructuras postcraneales como las rótulas, que en contextos particulares pueden ser un recurso importante de información osteométrica. Estos contextos pueden ser definidos como estimación del sexo en casos de lo que en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Colombia se ha definido como “*cuerpos complejos*”².

Se han realizado investigaciones locales en Colombia que han desarrollado métodos osteométricos discriminantes en estructuras del esqueleto postcraneal (Moore, 2013) provenientes de la moderna Colección Ósea Humana de Referencia del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Sede Bogotá. A pesar de ello, no se realizó un estudio específico discriminante en la osteometría de rótulas. Con los resultados de la presente investigación, se generarán fórmulas osteométricas discriminantes que orienten a la estimación adecuada del sexo en individuos esqueletizados modernos locales con base en sus rótulas, particularmente cadáveres en condición de no identificados que son analizados en laboratorios de identificación humana estatales como los del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, el Cuerpo Técnico de Investigaciones (CTI) de la Fiscalía General de la Nación y de la Policía Nacional (DIJIN).

Resulta de utilidad en contextos forenses –y académicos– ya que constituye un acierto en la reducción de variables osteométricas a definir en la estimación de sexo biológico con componentes esqueléticos provenientes de población colombiana en determinados contextos donde se cuente con segmentos humanos incompletos, deterioro notable en las otras estructuras óseas -o accidentes anatómicos- diagnósticos en la estimación de sexo, o se requiera como indicador adicional que confirme una sumatoria de variables osteomorfológicas orientadoras del sexo en procesos de identificación humana de *cuerpos complejos*, componentes fundamentales de estudio de la antropología forense.

En esta disciplina inicialmente se identifica el perfil biológico general del individuo que lo vincula en calidad de miembro de una población, con un sexo específico, una edad determinada, un patrón de filiación poblacional con características morfo-faciales determinadas y características físicas detalladas (estatura y robustez), lo que se denomina “perfil biológico o bioantropológico”, “osteobiografía” o más coloquialmente “cuarteta básica de identificación”. Posteriormente se procede al diagnóstico de la biología individual de la persona, que incluye las anomalías óseas, patologías, estado de salud-enfermedad, hábitos de lateralidad y si el cráneo se encuentra en perfecto –o buen– estado de preservación se puede elaborar una reconstrucción facial del rostro del individuo (Klepinger, 2006; Rodríguez, 2011; Sanabria, 2016) o del perfil de ascendencia. Para la antropología forense la

² La Circular 08-2011 del INMLCF define un **cuerpo complejo** como “...*aquel cadáver que presenta alteraciones intencionales realizadas con el fin de obstaculizar su identificación, obstaculizar o enmascarar lesiones, ocultar el cuerpo y/o descartarlo en condiciones que retarden o impidan su hallazgo y por consiguiente la investigación judicial*”. Dentro de estos se incluyen los cuerpos en avanzada descomposición, esqueletización, momificación, carbonización, incineración y cuerpos desmembrados: cuando el cuerpo es ocultado de manera intencional, arrojado al agua, desmembrado y/ o sepultado en lugares pocos transitados e inasequibles.

estimación del sexo constituye uno de los pilares básicos del análisis del perfil biológico del individuo, pues a partir de su estimación se establecerá la estimación de las demás variables del perfil biológico, ya que son interdependientes, es decir, el sexo de un individuo incidirá en sus procesos de maduración esquelética, procesos degenerativos por la edad u otras etiologías, en sus características morfofaciales y postcraneales –como por ejemplo índices de inserción muscular–, su estatura y su robustez.

Así pues, la estimación del sexo de un cadáver esqueletizado o en avanzado estado de descomposición, es la primera variable biológica del esqueleto humano que debe ser establecida, al momento de iniciar su estudio en salas de necropsias o en laboratorios de antropología física / forense. No obstante, las condiciones que presentan los **cadáveres complejos**: esquelización, avanzado estado descomposición, desmembración, incineración-carbonización, mezcla de componentes anatómicos en fosas colectivas, incompletitud, avanzado deterioro tafonómico por erosión u otros factores, o fragmentación de cadáver(es) por desastres masivos, accidentes o explosiones de alto orden –por ejemplo en atentados terroristas o en conflictos bélicos de alto nivel–, entre otros – como por ejemplo *modus operandi* específicos para desaparición de cadáveres por parte de homicidas o de grupos específicos (Uribe, 1990; Galloway et al., 1997; Botella et al., 2000; ICRC, 2002; Téllez, 2014; Sanabria, 2016) dificultan notablemente la determinación de su filiación sexual biológica a partir de un examen tan simple como el de observar los órganos sexuales externos o internos.

Debido a que el tejido óseo es un sistema orgánico más resistente a la descomposición natural de los cadáveres –incluyendo cierta resistencia a afecciones externas o tafonómicas–, se convierte en la mayoría de casos en la única evidencia biológica y registro de la existencia de un individuo, grupo o población, sus condiciones de salubridad, de vida, de muerte, etcétera, ya que se conserva durante más tiempo que otros tipos de tejidos; almacena información que incluso en tiempos pasados no se sospechaba (Botella et al., 2000) y puede llegar a evidenciar la información que explique –o intente hacerlo de la manera más precisa posible– las circunstancias de la muerte de cada individuo.

Esta situación resulta problemática en contextos forenses pues en sus particulares contextos, las estructuras esqueléticas humanas son expuestas por rangos de tiempo considerables a la vulnerabilidad de procesos tafonómicos lo que genera su fragmentación, deterioro e incompletitud (Galloway et al., 1997; Botella et al., 2000; Ríos et al., 2011; Isaza et al., 2014), por lo que los métodos métricos (como las funciones discriminantes) tendrán un rol vital en la estimación de sexo.

Es claro que existe cierta pérdida inevitable de información anatómica y biológica de los elementos esqueléticos que deriva de la descomposición química del hueso, el o los medios de transporte de estos elementos, las técnicas empleadas en su recuperación (particularmente cuando yacen inhumados en contextos ilegales), entre otros. La literatura (Byrd y Adams, 2008; Sanabria, 2008) ha resaltado algunos principales efectos tafonómicos después del deceso: la desarticulación anatómica, la fosilización o como antagonista la pulverización por cambios minerales, compactación arquitectónica por el peso del suelo (inhumados) y la alteraciones mecánicas, exposición

a la luz solar o meteorización (expuestos), alteraciones necrófagas de carroñeros (aves, insectos, roedores o carnívoros) y finalmente la dispersión o esparcimiento (principalmente si el cadáver permanece de forma expuesta o parcialmente inhumada, o en cuerpos acuosos como lagos, riveras, ríos u océanos) (Galloway et al., 1997; Sanabria, 2016). En los procesos tafonómicos erosivos que afectan directamente la morfología natural de los componentes esqueléticos, el nivel de pH^3 del suelo está directamente relacionado con el estadio de preservación de los mismos (particularmente si están inhumados, lo cual dependerá de factores intrínsecos y extrínsecos como la porosidad y la densidad/calidad del hueso, su tamaño, su arquitectura y su cantidad, así como los índices de sequedad/humedad); asimismo la infiltración en el hueso de componentes del suelo o del medio donde se encuentre. Adicionalmente se debe tener presente que los tejidos óseos pueden entrar en detrimento paulatino después de su recuperación, a menos que existan medidas adecuadas para su restauración, preservación y almacenamiento (Byrd y Adams, 2008).

En cada uno de estos procesos –intrínsecos o extrínsecos– se pierde información inevitablemente, sin embargo, las rótulas –como otras estructuras más grandes– poseen altos índices de preservación por su densidad y arquitectura, añadiendo el recubrimiento de la capa cortical y su ubicación anatómica favorable en protección.

Esta situación resulta problemática en contextos forenses pues en sus particulares contextos, las estructuras esqueléticas humanas son expuestas por rangos de tiempo considerables a la afección de procesos tafonómicos lo que genera su fragmentación, deterioro e incompletitud (por ejemplo invasión de raíces vegetales o colonización de insectos en las estructuras, fracturas o deformaciones anatómicas producidas por la presión del suelo, alteraciones antrópicas o de fauna, y efectos severos de acidez o alcalinidad de los suelos) (Galloway et al., 1997; Botella et al., 2000; Ríos et al., 2011; Isaza et al., 2014), por lo que los métodos métricos (como las funciones discriminantes) tendrán un rol vital en la estimación de sexo en estos contextos.

Desde las experiencias medicolegales y antropológico forenses en las dificultades que se presentan al estimar el perfil bioantropológico en este tipo de cadáveres, incluyen la frecuencia de preservación parcial o total de las rótulas; se convierten por lo tanto en elementos óseos que pueden aportar información biológica de relevancia ante una situación compleja de identificación humana. La presencia de estructuras óseas –en este caso rótulas– deterioradas, lesionadas o incompletas limitan considerablemente la aplicación de métodos que impliquen osteometría. No obstante, muchos de los cadáveres esqueletizados con alto deterioro tafonómico que son analizados, poseen sus rótulas parcial o totalmente preservadas lo cual le añade aplicabilidad a las funciones discriminantes que sean generadas para la estimación del sexo en cadáveres deteriorados o fragmentados. Por lo tanto será imprescindible la adecuada fijación y recuperación de pequeños elementos anatómicos de los

³ El **pH** es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno $[H]^+$ presentes en determinadas disoluciones. La sigla significa: **potencial hidrógeno**). Este término fue acuñado por el bioquímico danés S. P. L. Sørensen.

cadáveres en la recolección de campo, que a pesar de su tamaño poseen información biológica determinante (Ríos et al., 2011).

La aplicación del producto de esta investigación en otros contextos aún más complejos es de suma utilidad e importancia, particularmente en la casuística proveniente de una fosa colectiva con cadáveres mezclados. Estos conjuntos de cadáveres presentan problemas especiales en los procesos de identificación y culminar con la estimación de los perfiles biológicos de cada uno de los individuos que integra el conjunto no se puede culminar hasta tanto se encuentren individualizados. Por lo tanto es crucial la segregación de componentes anatómicos y su adecuada individualización como proponen varios autores, aplicando principalmente principios lógico-matemáticos, de correlación de pares, osteomorfología y osteometría (Byrd y Adams, 2008; Isaza, 2015; Sanabria, 2016). Y un proceso efectivo de identificación humana dependerá en gran medida de la aplicación apropiada de protocolos y principios científicos en las morgues y en los laboratorios de antropología forense (por ejemplo los principios de isometría esquelética, alometría en cuanto a la maduración ósea en condiciones normales que llevará a proporcionalidad de la parte-todo, entre otros como la clasificación de estructuras anatómicas con base en diferencias de sexo, edad, tamaño, robustez, continuidad tafonómica o continuidad traumática de haber traumatismos) (Byrd y Adams, 2008). De ésta manera, podrían clasificarse –e incluso individualizarse– las rótulas de un conjunto de esqueletos humanos mezclados, como femeninas o masculinas –y de contemplarlo el resultado estadístico, de sexo biológico ambiguo–.

Para establecer la pertinencia sexual de un cadáver en las condiciones mencionadas, el antropólogo físico / forense recurre a la valoración de la totalidad de componentes esqueléticos que se hayan recuperado en la escena de los hechos, aplicando dos vías metodológicas: sea por una vía morfológica observacional (forma y tamaño, accidentes anatómicos puntuales, con puntajes ordinales para su clasificación) o sea por una vía morfométrica (aplicando fórmulas matemáticas / estadística inferencial que pueden discriminar numéricamente los dos sexos con muy alta precisión en los casos donde el dimorfismo es manifiesto). En este proyecto se generó un método osteométrico para determinación de dimorfismo sexual mediante fórmulas matemáticas-estadísticas discriminantes aplicables en rótulas, para población Colombiana y con base en la muestra que fue seleccionada.

Es de anotar finalmente que no hay muchos reportes bibliográficos que traten el tema del dimorfismo sexual en rótulas humanas a nivel internacional, y ninguno generado para Colombia en las búsquedas realizadas en bases de datos *Science Direct*, *Scopus*, *Wiley-Interscience*, *Ebsco* y *Medline* a fecha de Octubre de 2016, ni en las bibliotecas públicas de la Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Antioquia y del Laboratorio de Antropología Forense del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses – Regional Noroccidente y Regional Bogotá. En total, se encontraron once (11) referencias investigativas específicas que han desarrollado métodos iguales o similares en diferentes poblaciones (Sudáfrica, Estados Unidos, Alemania, Italia, India, Tailandia, México e Irán) lo que oferta la opción de generar un estándar óseo rotular para estimación de sexo completamente nuevo, desde nuestra propia población y para nuestra propia población. Estos estudios serán descritos más adelante en el presente manuscrito.

Con base en este marco de referencia, esta investigación se desarrolla con criterios de rigurosidad científica y bioética, rigurosidad estadística de igual forma y sistematización de datos ya que la muestra empleada se compone de cadáveres esqueléticos plenamente identificados –algunos de ellos incluso con historias clínicas *ante mortem*– de quienes se conoce su procedencia geográfica, sexo, edad al momento de la muerte, estatura, entre otras variables (como procedimientos de necropsia medicolegal en los casos de muertes violentas).

1.6. Consideraciones y Aspectos Bioéticos

Se establece que la investigación propuesta no representa ningún riesgo biológico, psicológico, jurídico ni ético para la muestra osteológica, para los participantes, para la Universidad de Antioquia, el municipio de Medellín ni otra entidad involucrada. La muestra ósea a emplear hace parte de la Colección Osteológica Humana de Referencia de la Universidad de Antioquia, la cual se conformó mediante dos convenios interinstitucionales en calidad de comodato entre dos cementerios, el *Cementerio Universal* del municipio de Medellín, el *Museo Cementerio San Pedro* y la Universidad de Antioquia.

El manejo de estos restos óseos en el laboratorio de Antropología Física y Osteológica está orientado de acuerdo al Artículo 63, Título IV, Capítulo I de la Resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, por medio del cual se establece la bioseguridad de las investigaciones, pues se cuenta con: a) las instalaciones y equipo de laboratorio según las normas técnicas que garantizan el manejo seguro de material biológico; b) el manual de procedimiento para el laboratorio; c) adiestramiento al personal sobre la manipulación, transporte, utilización, descontaminación y eliminación de desechos biológicos y no biológicos; f) disposición de bibliografía actualizada y archivo sobre la seguridad de los equipos, disponibilidad de sistemas de contención, normas y reglamentos, riesgos involucrados y otros aspectos relacionados

En dicho comodato se establecen como obligaciones de la Universidad de Antioquia las siguientes “...1. Los restos óseos serán aplicados a fines académicos e investigativos. 2. Dar a los mismos un tratamiento de uso, custodia y depósito que salvaguarde el respeto a los difuntos por conducto de la Rectoría-Departamento de Antropología. Para estos efectos, el embalaje se llevará a cabo en cajas de cartón especiales rotuladas cada una de ellas especificando los elementos de identificación proporcionados por el municipio de Medellín. 3. A preservarlos de manera tal que se garantice la individualidad y la unidad de los restos (Convenio interadministrativo de cooperación Número 009 de 2008 entre la Universidad de Antioquia – Rectoría y el Municipio de Medellín – Alcaldía)”.

De ésta manera se documenta el contexto de riesgo biológico de la investigación y del componente bioético de la misma con base en la normatividad nacional y regional vigente a la fecha.

1.7. Contexto de la Investigación

En la última década del siglo XX, una nueva especialidad de la Antropología Biológica, la Antropología Forense (y una de las disciplinas forenses con mayor tasa de crecimiento y auge en este momento), ha recibido una creciente atención en los organismos estatales que apoyan la búsqueda, exhumación e identificación de cuerpos que han sido inhumados en fosas clandestinas por sus victimarios, con el fin de dificultar su posterior hallazgo e identificación (Reverte-Coma, 1999; Rodríguez, 2011; Moore, 2013; Silva et al., 2014; Téllez, 2014; Sanabria, 2016). La convulsionada e histórica situación social vivida en Colombia ha generado una oleada de violencia que ha producido decenas de miles de desaparecidos (la mayoría de ellos, Cadáveres en Condición de No Identificados –también mal conocidos como NN–, en adelante C.N.I.) y múltiples transformaciones en las formas o métodos de generar violencia y muerte.

Las entidades que reportan estadísticas de esta casuística de manera oficial –sin descartar subregistros de información– emiten la siguiente información de censo frente a este tipo de población: la Fiscalía General de la Nación mediante el *Grupo Interno de Trabajo de Exhumaciones*, del año 2006 a 31 de enero de 2017 ha exhumado 6.733 cadáveres, de los cuales 4.311 se encuentran sin posible identidad en los laboratorios pendientes por entregar a sus deudos⁴; el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses reporta que hasta enero del año 2016 –y desde el 2007– hay 78.189 personas desaparecidas de los cuales 15.600 casos reportados son de desaparición forzada (los departamentos con mayor número de denuncias por estos delitos son Bogotá con 19.503, Antioquia con 10.880, Valle del Cauca con 7.344, Meta con y Norte de Santander con 2.990)⁵; a febrero de 2016 la Directora de Derechos Humanos del Ministerio del Interior reporta que mediante la intervención a Cementerios Nacionales que ha realizado dicha entidad –con más de 295 cementerios intervenidos, el 26% de los camposantos a intervenir– se han encontrado 28.195 cadáveres en condición de no identificados⁶; el Registro Único de Víctimas de la Unidad Nacional de Víctimas reporta que en todo el territorio nacional ha habido 1.722.729 víctimas directas de desaparición forzada, homicidios, fallecidas y no activos para atención desde antes de 1985 hasta el año 2017 (Antioquia con representación de 189.090, equivalente a un 10,97% del reporte total)⁷.

La mayoría de estas víctimas –fallecidas– han sido inhumadas en fosas clandestinas, al interior de cementerios o en terreno abierto, otras víctimas han sido inhumadas en tumbas individuales sin nombre en cementerios o fosas

⁴ FISCALIA GENERAL DE LA NACION. [Internet]. Colombia: Estadísticas Unidad Nacional de Fiscalías para la Ley de Justicia y Paz; [Citado 2016 Noviembre 10]. Disponible en: <http://www.fiscalia.gov.co/jvp/unidad-de-justicia-y-paz/>.

⁵ INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES. [Internet]. Cifras centralizadas en el RND – Registro Nacional de Desaparecidos (<http://sirdec.medicinalegal.gov.co:58080/rnd/>) [Citado 2016 Noviembre 10]. Disponible en: http://www.medicinalegal.gov.co/el-instituto/-/asset_publisher/4Of1Zx8ChtVP/content/inm/cl-comprometido-con-la-busqueda-e-identificacion-de-los-desaparecidos-en-colombia;jsessionid=27AD093DC452DDD2B4BE0532A88A107E?redirect=http%3A%2F%2Fwww.medicinalegal.gov.co%2Fel-instituto%3Bisessionid%3D27AD093DC452DDD2B4BE0532A88A107E%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_4Of1Zx8ChtVP%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D5

⁶ MINISTERIO DEL INTERIOR. [Internet]. [Citado 2016 Noviembre 10]. Reporte de prensa. Disponible en: <http://www.mininterior.gov.co/sala-de-prensa/noticias/mininterior-encontro-28195-personas-no-identificadas-en-cementerios-del-pais>

⁷ REGISTRO ÚNICO DE VÍCTIMAS. [Internet]. [Citado 2016 Noviembre 10]. Reporte de prensa. Disponible en: <http://rni.unidadvictimas.gov.co/?q=node/107>

individuales en campo abierto de manera ilegal. En este contexto ha surgido la antropología forense, disciplina encargada de la exhumación e identificación de restos óseos de cadáveres a través de su enfoque multidisciplinario, con el fin de unir esfuerzos en la identificación de los C.N.I.

1.7.1. Dimorfismo sexual

El concepto *dimorfismo sexual* hace referencia a las diferencias de tamaño, proporción y forma que existen entre individuos hombres y mujeres (o machos y hembras en el contexto general mamífero), manifiestas en la mayoría de especies vivientes con mayor tamaño corporal en los individuos machos que en las hembras, aunque puedan haber variaciones específicas y se observen casos donde el dimorfismo es mínimamente manifiesto o ambiguo, con solape de características tanto de un grupo sexual como de otro. En el *Homo Sapiens* se manifiesta mayor robustez y tamaño en la población de hombres que en la de mujeres (Rodríguez, 2004).

El término proviene etimológicamente del griego “dos formas” *di* (= dos) *morphê* (= forma) y se expresa en la biología como la existencia de dos formas diferentes en las características físicas a término de maduración completa, entre machos y hembras de la misma especie. Ello desemboca en diferencias –pueden ser marcadas o no– tanto en tamaño y proporción corporal (constitución física) así como en la forma de los individuos. No obstante, el concepto de polos opuestos en oposición sexual dimórfica absoluta es un ideal para el mundo natural (Isaza et al., 2014). Ello obedece a interacciones propias de la selección sexual que generan dimorfismo sexual en las especies acorde a variedad de rasgos biológicos. Y hay autores (White y Folkens, 2005; Klepinger, 2006; Işcan y Steyn, 2013) que han planteado hipótesis como la complejidad elevada en las manifestaciones del dimorfismo sexual humano, resaltando a la antropología física/biológica como agente principal en el estudio de las variaciones de estos rasgos en nuestra especie. Este dimorfismo se manifiesta con mayor o menor grado en el sistema óseo, aunque algunos textos (White y Folkens, 2005) sugieran que las características que lo manifiestan en los seres humanos son más sutiles y ligeras en los huesos, que en los tejidos blandos.

Rodríguez (2004) consigna ampliamente que tanto el sedentarismo como la reducción de la división sexual del trabajo –y los cambios de tecnología, alimentación y condiciones de salud/enfermedad en las poblaciones modernas– han aportado a la disminución del dimorfismo sexual en nuestra especie, afectando específicamente variables como la estatura y las dimensiones de las estructuras óseas (cráneo, mandíbula, dientes, fémures, rótulas, por ejemplo) y en consecuencia, el autor reconoce que en las poblaciones humanas contemporáneas existe un *Índice de Dimorfismo Sexual* (IDS) que oscila a penas entre el 4% y el 7% (Rodríguez, 2011). Otros autores (Pařízková, 1995) consideran que el dimorfismo sexual aumenta sus índices en poblaciones con altos niveles nutricionales y socioeconómicos, así pues el mayor tamaño corporal refleja también mejores condiciones de vida cuando se comparan muestras de orígenes similares (relación con los picos de crecimiento o tasas de

maduración esquelética referenciadas colosalmente por Scheuer y Black, 2000), evidenciando que las condiciones socioeconómicas o culturales pueden llegar a tener marcada influencia –a través de la regulación hormonal– en el desarrollo esquelético de los individuos.

Las diferencias sexuales en el esqueleto se manifiestan en términos de tamaño, proporción, robustez, rugosidad y grandes áreas de marcadas inserciones musculares y ligamentosas, así como de crestas sobresalientes, características predominantes en sexo masculino. Es importante tener presente que aunque el sexo es una variable biológica dicotómica –hombre o mujer–, a nivel esquelético es posible encontrar formas intermedias (individuos con dimorfismo sexual neutro –intersexuados o intermedios si se quiere– donde la ambigüedad en la diferencia no permite clasificar al 100% en uno u otro grupo) y también es importante tener presente que dos poblaciones no van a ser idénticas entre sí por estar sometidas a variables multifactoriales (Alemán et al., 1999; Reverte-Coma, 1999).

Aunque la mayoría de los antropólogos físicos utilizan principalmente características morfológicas del cráneo y la pelvis (Krogman e Iscan, 1986; Bass, 1987; Buikstra y Ubelaker, 1994; Moore-Jansen et al., 1994; France, 1998; Lagunas, 2000; White y Folkens, 2005; Krenzer, 2006; Komar y Buikstra, 2007; Iscan y Steyn, 2013; Moore, 2013; Briggs, 2016) como indicadores confiables del sexo (hasta en un 98% según Iscan y Steyn, 2013), las medidas de otros huesos (como por ejemplo la investigación en dimorfismo sexual clavicular para población colombiana por Guerrero y Sanabria, 2013 o los diferentes estudios citados en Komar y Buikstra, 2007) pueden ayudar a discriminar con altos porcentajes de precisión el sexo del individuo en caso que no se encuentre el cráneo o la pelvis. Al comparar los altos porcentajes de precisión para el acierto en la clasificación sexual discriminante con estructuras óseas diferentes a cráneo y pelvis, se genera la necesidad de validez en la estimación del sexo en cadáveres no identificados con casi todas las estructuras óseas –aclarando que varían en precisión estadística cada una de ellas (Osorio y Sanabria, 2016)–.

Como es señalado en la literatura (Komar y Buikstra, 2007; Moore, 2013), los atributos esqueléticos más precisos en la estimación de dimorfismo sexual son el cráneo y los coxales, donde inician primariamente los atributos diferenciales en la maduración corporal durante la adolescencia. Posteriormente, otras dimensiones y características anatómicas diferenciales se desarrollan en otros segmentos del cuerpo humano, lo que permite estudiar su capacidad de diferenciación entre hombres y mujeres por sus características.

El procedimiento más adecuado para dicha evaluación de dimorfismo consiste en analizar todas y cada una de las piezas esqueléticas que lo conforman –pues es posible que un mismo individuo presente estructuras óseas en apariencia masculina y femenina a la vez derivando en que si analizamos tan solo una pieza ósea podemos incurrir en errores de estimación–. No obstante, es usual que en los diferentes contextos en los que la antropología forense es aplicada, se encuentren cadáveres con solo una –o muy pocas– estructura(s) ósea(s) apta(s) por integridad para determinar esta variable y los demás interrogantes biológicos del individuo. Para evitar sesgos en tal situación, se deben examinar la totalidad de marcadores que presente dicha pieza osteológica –o

todas las disponibles dependiendo del caso–, es decir, se deben analizar las mediciones necesarias para poder aplicar las formulas discriminantes, evaluar su morfología acudiendo al estudio tanto métrico como morfológico (esto último es ampliamente sugerido por Moore, 2013 y Moore et al., 2016).

El diagnóstico de sexo no solamente es un componente fundamental del perfil bioantropológico del individuo, sino que debe ser la primera variable en estimar debido a que muchas otras variables son codependientes de esta, tales como la estatura, la edad o inclusive algunas osteopatologías (como por ejemplo la osteoartritis, la osteopenia o la osteoporosis) que puedan tener mayor incidencia en uno u otro sexo (Steele y Bramblett, 2007; Komar y Buikstra, 2007; Bellido y Gallant, 2013 y Boyan et al., 2013). Además es crucial en procesos avanzados de identificación humana donde se realizan procesos comparativos entre información *ante mortem* e información *post mortem* de las víctimas (por ejemplo en un desastre natural, un accidente aéreo, un atentado terrorista, entre otros).

Moore (2013), Moore et al. (2016) y Krishan et al. (2016) proponen una beneficiosa y aclaratoria discusión epistemológica en el uso de dos conceptos –en ocasiones empleados sin precisión– el de **estimación** y el de **evaluación**. En esta discusión extensa y nutrida conceptualmente se plantea la precisión de estos dos términos: **estimación** haría referencia al uso de una valoración métrica con tasas de error estimables o calculables; **evaluación** haría referencia a la valoración morfológica o no métrica, la cual posee tasas de error que no pueden estimarse o calcularse. La autora sugiere basarse en la **estimación** del sexo y no en la **evaluación**; estipula que es un error usar el concepto de **determinación** (así mismo señalan el mismo error Komar y Buikstra, 2007: 126) ya que este implica una confianza casi absoluta en el resultado (por ejemplo la probabilidad genética llegaría a determinar) de la que realmente se puede garantizar en el diagnóstico del sexo (el 100% tal vez no se alcance nunca, dada la extensa variación biológica humana).

1.7.2. Dimorfismo sexual molecular

El dimorfismo sexual entre hombres y mujeres, es determinado, mantenido y fijado por el mecanismo genético-reproductivo, inherente a la naturaleza biológica humana –y de otras especies– dado que esta es una cualidad transmitida explícita y directamente por los cromosomas sexuales X y Y, aunque puedan haber mutaciones o alteraciones atípicas como por ejemplo el hermafroditismo (Thieme y Schull, 1957). El sexo es el rasgo genotípico/fenotípico que más varía en la especie humana y se expresa tanto genéticamente como morfológicamente en una distribución dicotómica, es decir, que es dimórfica y posee solo dos expresiones posibles con base en la combinación de éstos dos cromosomas: hombre (XY) y mujer (XX) (como documentan exhaustivamente Chadwick y Good, 2002).

El análisis molecular de ADN es aplicable para diferenciar los sexos biológicos de las especies. Se emplea el análisis molecular nuclear o el análisis mitocondrial. Esto se conoce como marcador de amelogenina (alelos

sexuales) (Dawson et al., 2011). Gracias a estos cromosomas que permiten diferenciar los sexos, se puede responder a este interrogante biológico con la mayoría de componentes esqueléticos en condiciones normales extrayendo un fragmento y procesándolo molecularmente. Funciona con casi un 100% de precisión dado que tanto el cromosoma X como el cromosoma Y poseen secuencias distintas (Moore, 2013). No obstante, en la cotidianidad se presenta cierta proporción de casuística compleja, es decir, componentes anatómicos altamente deteriorados por procesos tafonómicos, por agentes químicos, por polifragmentación corporal y mezcla de segmentos en contextos de explosiones, atentados terroristas o desastres masivos lo que dificulta el acceso a los marcadores osteológicos de mayor confiabilidad en la estimación de esta variable. Asimismo ocurre con los especímenes subadultos, debido a que no manifiestan dimorfismo sexual osteométrico significativo entre niño y niña (Komar y Buikstra, 2007).

Dada esta compleja situación para la estimación sexual osteológica en esta población de individuos a clasificar, solo resta recurrir al método más confiable: el análisis molecular de ADN para observar el marcador de amelogenina (marcador genético presente en ambos cromosomas sexuales) con casi el 100% de confiabilidad (Scheuer y Black, 2000).

Aunque los métodos moleculares de determinación sexual son altamente sofisticados y de precisiones casi del 100%, poseen algunas limitantes como por ejemplo: errores en habilidad y maniobrabilidad pericial, bajos niveles de conocimiento en el uso de equipos de procesamiento molecular, errores en interpretación de resultados en procesos como el PCR (*Polymerase Chain Reaction* por sus siglas en inglés o *Reacción de Polimerasa en Cadena* en español) (Komar y Buikstra, 2007; Sanabria, 2016). Estos procesos y equipos son muy costosos en inversión económica, mantenimiento y almacén de *kits* e insumos, y bastante dispendiosos. Finalmente, el último factor limitante es que son procesos invasivos, es decir, se altera la integridad del hueso o la continuidad de tejido óseo de forma permanente.

Adicionalmente, en casos donde los cadáveres se encuentren incompletos, muy fragmentados, carbonizados o en situaciones de alta complejidad, lo más probable es que no sea posible extraer información diagnóstica con métodos exclusivamente anatómico-métricos por lo que se deberá recurrir a métodos moleculares. De esta forma, como resalta Krishan et al. (2016), los métodos más simples se deben emplear inicialmente –de ser posible– y se complementan con los estudios más complejos (como los moleculares); lo que no garantiza tampoco que se extraiga un perfil, debido a la complejidad en la preservación biológica de la muestra.

Por lo tanto, el dimorfismo sexual se debe estimar acudiendo a todos los marcadores sexuales disponibles del esqueleto –dada la variabilidad biológica humana en sus expresiones fenotípicas–, pues de no ser así, se corre el riesgo de llevar a cabo una interpretación errónea del mismo, lo cual va en detrimento de las investigaciones biológicas, físicas o judiciales (medicolegales o forenses). Como señala Reverte-Coma (1999): “nunca se insistiría lo suficiente en el hecho de que todas las características y rasgos que señalamos en cada hueso y que son determinantes, son nada más relativos y no absolutos” (1999: 560). Y, –como exponen Krishan et al. (2016)– los

métodos osteométricos para la estimación de sexo han sido desarrollados usando casi todos los componentes esqueléticos del cuerpo humano, claro está, con variaciones en el grado de precisión, y en diferentes poblaciones. Lo que está ausente es la investigación de cada estructura en la totalidad de poblaciones humanas.

1.7.3. Dimorfismo sexual hormonal y relación con sistema endocrino

Elucidado lo anterior se puede decir que las características morfológicas del humano actual, son la manifestación del proceso de desarrollo evolutivo y adaptativo desde sus antepasados. El dimorfismo sexual humano está representado por lo tanto por rasgos físicos diferenciales, como por ejemplo los testículos, los ovarios y hormonas gonadales (es importante tener en cuenta que las hormonas poseen una estrecha relación con el sistema óseo, pues el crecimiento-maduración, la densidad-calidad, nutrición-metabolismo, la integridad y la capacidad de modelado-remodelado-sostenimiento de los huesos dependen fundamentalmente del adecuado funcionamiento de éstas) (Bellido y Gallant, 2013; Steele y Bramblett, 2007).

Las influencias directas de las hormonas en el tejido óseo se manifiestan a través de receptores expresados en células óseas, mientras que las influencias indirectas se manifiestan cuando una hormona modula la homeostasis mineral a través de la regulación de la absorción eficaz de calcio y fosfatos por los intestinos y de la excreción o reabsorción de los mismos por los riñones (Bellido y Gallant, 2013).

Son múltiples las razones que hacen que los individuos hombres de la especie humana se caractericen generalmente por presentar mayor tamaño que las mujeres; una de estas razones obedece a factores relacionados con la producción de testosterona –hormona que incrementa el desarrollo de la masa osteomuscular– (Bellido y Gallant, 2013; Scheuer y Black, 2000; Chadwick y Good, 2002).

Bellido y Gallant (2013) explican ampliamente las funciones de diferentes tipos de hormonas en el cuerpo humano, y sus efectos en el tejido óseo específicamente. Por ejemplo la hormona paratiroidea, péptido que controla el nivel de calcio ionizado tanto en los fluidos extracelulares como en la circulación sanguínea; es secretada por las células de la glándula paratiroidea en respuesta a eventos donde disminuye el nivel de calcio en la sangre, y sus dos principales destinatarios son los riñones y el tejido óseo. Su efecto primario en el esqueleto es inducir la reabsorción ósea con el objetivo de liberar calcio de la matriz mineral y aumentar su concentración en la sangre y en fluidos extracelulares. También incide en la formación ósea activando las células de revestimiento óseo inactivas, empezando la producción de matriz ósea y osteoblastos.

Los esteroides sexuales, como los estrógenos o andrógenos, poseen efectos directos en el esqueleto a favor del detrimento de la calidad del hueso en cuanto a su formación y remodelación, al descender estas hormonas en hombres y mujeres, descenden los niveles de producción habitual de hueso nuevo, favoreciendo la osteoporosis

por ejemplo. Esto ocurre al aparecer la menopausia o andropausia. Estas hormonas se producen en las glándulas sexuales como las gónadas (estrógenos) o los ovarios (andrógenos y testosterona) (Bellido y Gallant, 2013).

La hormona tiroidea con adecuado funcionamiento, también es importante en el establecimiento del sistema esquelético. Esta hormona es decisiva igualmente en la maduración ósea, el pico de densidad ósea alcanzada, la estatura y la manutención normal del tejido óseo en la adultez (fisiología ósea balanceada). También influye en el proceso de mineralización del hueso. La hormona de crecimiento –secretada por la glándula pituitaria– también será decisiva en la estatura póstuma a la adolescencia, y al parecer tiene mayor incidencia en hombres que en mujeres lo que genera cierto grado de dimorfismo sexual hormonal (Bellido y Gallant, 2013).

En la pubertad, los hombres y las mujeres experimentan un periodo de rápido crecimiento seguido de un periodo de rápida producción de minerales óseos. Las mujeres alcanzan las tasas finales de estos crecimientos acelerados hasta un año y medio antes que los hombres, pero los hombres adquieren mayor acumulación de estos durante el tiempo de diferencia, ganando más mineral, densidad y altura. Ello demuestra que el dimorfismo sexual en el esqueleto humano durante el crecimiento es atribuido a un efecto estimulante de los andrógenos y un efecto inhibitorio por los estrógenos. Por lo tanto, el déficit de andrógenos en los hombres, ocasionan disminución en el crecimiento, acumulación de mineral y densidad, mientras que las mujeres con déficit de estrógenos, presentan acumulación mayor de mineral, de altura y de densidad óseas (Bellido y Gallant, 2013).

La tarea de estimar tasas de dimorfismo sexual se ha enfocado en aplicarse en individuos subadultos ya que, aunque se han realizado varios intentos por cuantificar los patrones morfológicos inmaduros de varios huesos (por ejemplo los coxales de la cintura pélvica), no se han encontrado diferencias significativas en términos de dimensiones o índices óseos. Esto se debe a que, desde la infancia hasta la adolescencia, las características métricas están en constante flujo gracias a que están ligadas a tasas individuales de crecimiento y desarrollo altamente variables y direccionadas por complejos procesos hormonales y endocrinos. Los individuos fetales sí evidencian dimorfismo sexual, se vuelve indistinguible en la niñez y reaparece después de la adolescencia (según Moore, 2013; Boucher, 1955 y Boucher, 1957).

Por lo tanto no se recomienda –teóricamente– abordar estudios de estimación de dimorfismo sexual en individuos subadultos o inmaduros esqueléticamente, al menos partiendo de metodología cuantitativa como sugieren Komar y Buikstra (2007), Isaza (2014) y Moore (2013). Dada esta compleja situación para la estimación sexual osteológica en individuos subadultos, solo resta recurrir al método más confiable: el análisis molecular de ADN para observar el marcador de amelogenina.

En el caso de las osteopatologías –como por ejemplo la osteoartritis de rodilla– también puede existir cierto grado de expresión dimórfica sexual en las frecuencias de afección poblacional y epidemiológica. Boyan et al. (2013)

refieren que los tejidos de la rodilla en general –en su formación y permanencia saludables o no– son manejados por las hormonas sexuales durante el proceso de desarrollo y durante el resto del ciclo vital, tanto en hombres como en mujeres, donde la menopausia –afección exclusiva de mujeres por cambios en sus hormonas sexuales– es un factor que está asociado directamente con el aumento de la adquisición de osteoartritis en esta población (refieren el ejemplo de Estados Unidos para la fecha de su sondeo en 2005, con alrededor de 26,9 millones de adultos).

1.7.4. Anatomía, fisionomía y biomecánica patelares o rotulares

La rótula o patela, es un hueso corto, esponjoso, par y no simétrico situado en la parte anterior de la articulación de la rodilla, aplanado de adelante hacia atrás, más ancho por arriba que por abajo y de forma triangular. Su etimología proviene del latín *rotūla* (= ruedecilla, diminutivo de rota, rueda) y del latín *patella* (= pan, plato o platón pequeño). Está separado de la piel por la bursa pre-patelar y articula en el extremo inferior del fémur (tróclea) en articulación femoro-rotuliana. Posee algunas características anatómicas y morfológicas definitorias por diferentes autores (Testut y Latarjet (1977); Bass (1987); Lawson (1994); Scheuer y Black (2000); Nordin y Frankel, 2001; White y Folkens (2005); Netter (2009) y Barron (2009)) como:

- A. Cara anterior o cutánea:** es convexa de arriba hacia abajo y en sentido transversal, presenta una serie de estrías verticales y paralelas así como numerosos orificios ovales vasculares.
- B. Cara posterior o articular:** presenta primero una amplia superficie articular, lisa y dividida en dos carillas por una cresta vertical: una interna y otra externa; ambas carillas son ligeramente cóncavas, siendo la externa (lateral) más grande y excavada que la interna (medial) la cual es casi plana; éstas se componen del cartílago hialino articular más grueso en la anatomía humana con un promedio de grosor de 7mm, ello dadas las elevadas presiones que soporta la rótula en relación con sus carillas articulares. Por debajo de esta gran superficie articular se presenta una superficie más pequeña, de forma triangular, rugosa y aguda.
- C. Base:** corresponde a la porción superior de la rótula, su margen craneal en cuya mitad anterior se inserta el tendón del cuádriceps femoris o crural.
- D. Ápice:** proyección distal no articular que le da forma triangular a la rótula, donde se inserta el ligamento rotuliano.
- E. Bordes:** se distinguen en interno y externo; partiendo de la base se dirigen hacia el ápice, describiendo cada uno una semi-circunferencia donde se insertan las fascias inferiores de los vastos.

Como integrante del grupo general de huesos cortos, la rótula está conformada en su mayoría por tejido óseo esponjoso, y cubierta por una fina capa de tejido óseo cortical o compacto, semejante a las epífisis de los huesos largos, aunque en el caso rotuliano es más gruesa por delante que por detrás. Los espacios dejados por la trama

del tejido esponjoso están llenos de médula ósea. La fuente de suministro sanguíneo de la rótula proviene de superior a inferior mediante vasos sanguíneos pequeños que derivan tanto de la arteria femoral como de la poplíteo y la tibial.

La rótula es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo humano (Scheuer y Black, 2000; Steele y Bramblett, 2007). Únicamente los 2/3 superiores se articulan con la tróclea femoral. Los huesos sesamoideos –como este– se desarrollan en relación con los tendones de las articulaciones, se originan de la primitiva cápsula artrodial y a veces pueden ser de naturaleza cartilaginosa; en el caso de la rótula, es desarrollada y osificada al interior del tendón del cuádriceps femoris o crural, tendón muy grueso que atraviesa la articulación de la rodilla longitudinalmente.

Scheuer y Black (2000) detallan el proceso de formación embriológica de la rótula así como su proceso de osificación temprana. La rótula mesenquimal es reconocible en su aspecto anterior de la rodilla en formación alrededor de la séptima semana gestacional. La condricación ocurre entre la séptima y octava semanas gestacionales. La cavitación de la articulación ocurre al final de período embriológico del individuo y poco después, adquiere parcialmente su forma adulta. Alrededor de los siete meses lunares prenatales, la faceta articular se divide por un puente vertical separando la carilla lateral de la medial; no adquiere sus bordes definidos hasta después del nacimiento donde la extremidad empieza a usarse y se posibilita la extensión total. Al nacer, y durante los primeros años de vida, la rótula es esencialmente cartilaginosa, rodeada de pericondrio, tejido activo en su crecimiento y osificación posterior.

Acorde a estos autores, la osificación rotuliana no está completa hasta el cuarto o quinto año de vida con rangos en niñas de 1.5 a 4 años, y en niños de 2 a 5-6 años (Scheuer y Black, 2000; Steele y Bramblett, 2007). Es un proceso de osificación multifocal, es decir, con varios puntos o centros de osificación, pero pronto la coalescencia los va uniendo. Scheuer y Black (2000) señalan que el centro de osificación principal es un nódulo verticalmente elongado en el centro de la rodilla. La maduración final se completa al finalizar la adolescencia por lo que en el presente estudio se emplean rótulas de individuos maduros, de 18 o más años. No obstante, estos autores señalan que la rótula asume su forma adulta final a los 14 años en mujeres y a los 16 años en hombres. La morfología de la rótula en proceso de maduración esquelética, es diferente a la morfología de la rótula adulta, madura por lo que no habría una homogeneidad en aplicar la osteometría (Schaefer et al., 2009) (**Figura N° 1**).

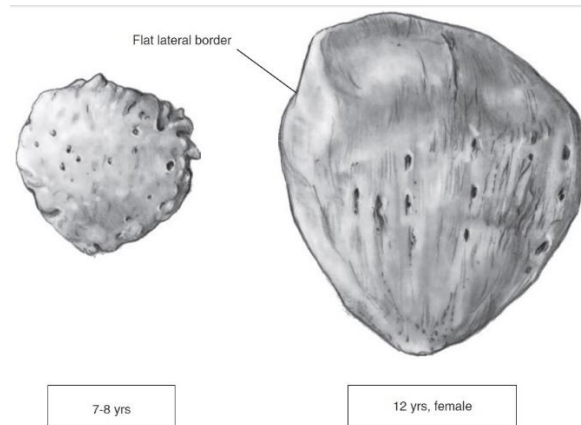


Figura N° 1. Proceso de maduración ósea de la rótula derecha, a la izquierda rótula de infante de 7-8 años, a la derecha rótula de infante femenino de 12 años; nótese las diferencias morfológicas. Imagen tomada de Schaefer et al. (2009).

Según reporte realizado por Dye en el año 2003 (citado en Yoo et al., 2007), la articulación patelo-femoral como componente integral de la articulación de la rodilla empezó a desarrollarse alrededor de 65 millones de años atrás, evidenciando la velocidad evolutiva y adaptativa de esta estructura en la integración del sistema músculo-esquelético para la bipedestación actual.

Steele y Bramblett (2007) señalan que la función principal de la rótula es aumentar la fuerza de elevación del cuádriceps y mantener estable la posición del tendón durante la flexión de la rodilla. Este tendón es un poderoso extensor de la rodilla que recibe cerca de todo el peso corporal cuando se está arrodillado o en sentadilla. Scheuer y Black (2000) indican que se ha demostrado en estudios clínicos y cadavéricos que la presencia de la rótula mejora la eficiencia biomecánica de la extensión de la rodilla, especialmente al final del rango de movilidad.

La rodilla es la articulación troclear que une el fémur con la tibia y la rótula para la movilidad del punto medio del miembro inferior. Sus superficies articulares son la extremidad inferior del fémur, la extremidad superior de la tibia y la rótula en su cara posterior. Sus medios de unión son un ligamento capsular y seis ligamentos periféricos que refuerzan dicha cápsula: ligamento capsular, ligamento anterior o rotuliano, ligamento posterior, dos ligamentos laterales y los ligamentos cruzados tanto anterior como posterior. Permite realizar dos movimientos principales: flexión y extensión a los que se añaden movimientos de rotación e inclinación laterales (Testut y Latarjet, 1977) (**Figura N° 2**).

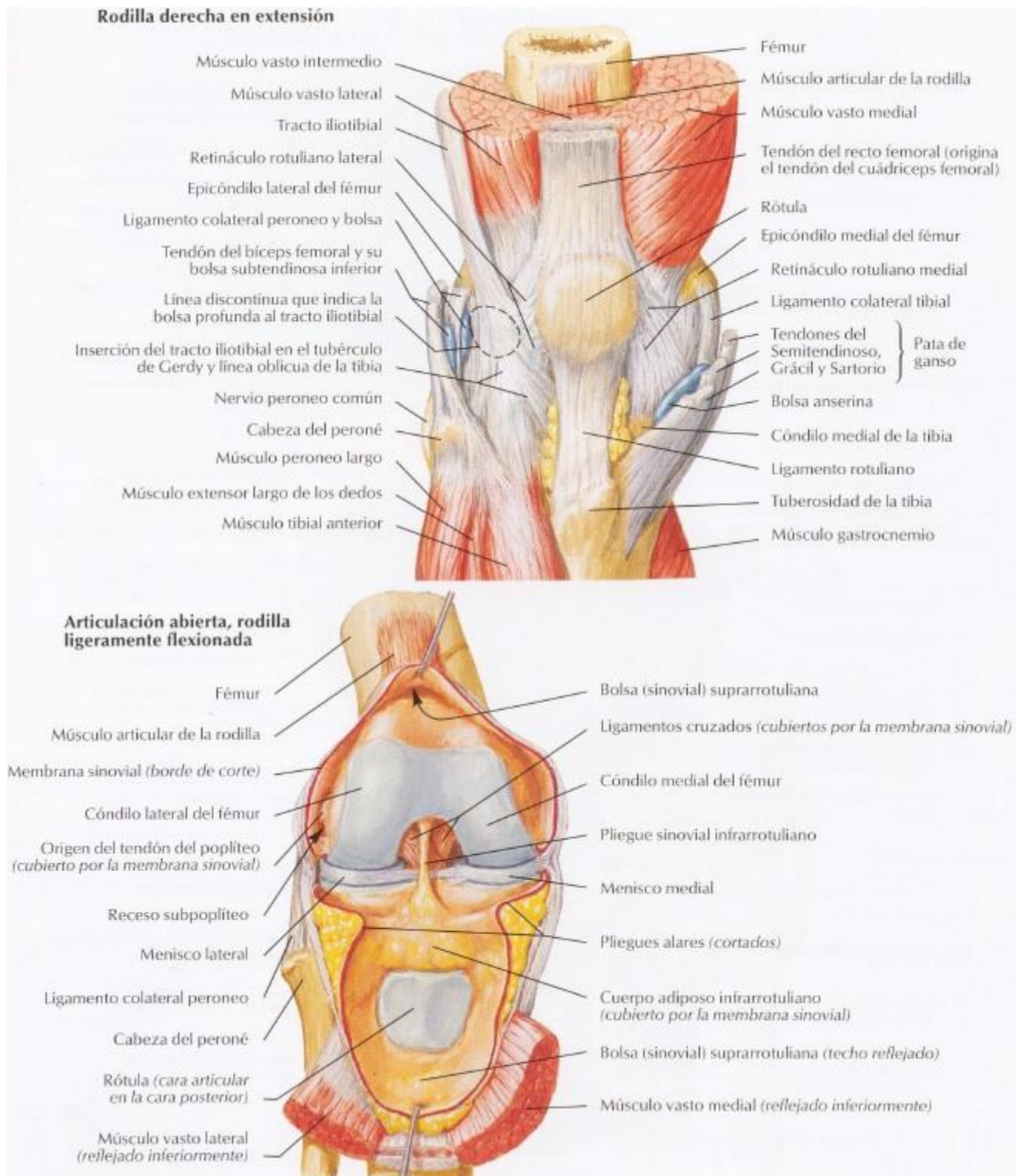


Figura N° 2. Vista anterior –extendida y semiflexionada– de la articulación de la rodilla derecha, con sus respectivos accidentes anatómicos. Imagen tomada de Netter (2007).

La rodilla es la mayor y más compleja articulación del cuerpo humano ya que desde una óptica funcional y biomecánica debe aunar dos objetivos excluyentes entre sí, por un lado la gran estabilidad y resistencia al peso que tiene que soportar y por otro la movilidad suficiente para trasladarlo en carrera, paso, salto u otros (Nordin y Frankel, 2001; Goldstein et al., 1986).

El estudio biomecánico de la rodilla incluye el de sus movimientos (cinemática) y el de las fuerzas que actúan en ella (cinética) (Levy, 2010; Sanjuan et al., 2005). En la posición erguida, de pie, la rótula trabaja en compresión y no está encajada en la tróclea femoral e incluso, no tiene contacto directo con esta. Este contacto inicia entre 0° y 20° de flexión y se afirma a medida que ésta progresa. Durante este movimiento, las superficies femorales y rotulianas que entran en contacto van cambiando de tal forma que en el fémur son segmentos cada vez más distales de la tróclea hasta la parte anterior de la escotadura intercondílea, contrapuestos cada vez más a las carillas articulares –medial y lateral– de la rótula, es decir, a medida que aumenta la flexión, aumenta el área de contacto entre ambos huesos, siendo máxima alrededor de los 90° (Levy, 2010; García et al., 2003). El desplazamiento de la rótula equivale al doble de su longitud (alto máximo) (Sanjuan et al., 2005).

El estrés biomecánico de la rodilla (sistema tendinoso-ligamentoso-osteomuscular) se concentra en la dimensión longitudinal media-anterior en plano anatómico, con mayores fuerzas tensiles en la flexión de la articulación de la rodilla entre 45° y 60° (Goldstein et al., 1984; Goldstein et al., 1986).

La rotación de la rodilla no puede realizarse con la articulación extendida dada la tensión a la que están sometidos tanto los ligamentos cruzados como los ligamentos colaterales; únicamente cuando la rodilla se flexiona la distensión de las estructuras mencionadas permite los movimientos de rotación (Nordin y Frankel, 2001). Cuando se está en apoyo bipodal la carga soportada por cada rodilla y su valor, es, aproximadamente el 43% del peso corporal; pero cuando se está en apoyo unipodal la rodilla está cargada con el 93% del peso corporal pero estas fuerzas se incrementan por acción de la musculatura lateral del muslo que tiene que neutralizar la tendencia biofísica del cuerpo a caer hacia el lado sin apoyo y tiene que ser superior a la fuerza de gravedad que es ejercida sobre el cuerpo (García et al., 2003; Sanjuan et al., 2005).

1.7.5. Rótulas anormales: variantes anatómicas y osteopatologías

Según Barnes et al. (2012) se han identificado hasta el momento las siguientes alteraciones rotulianas de tipo congénito (**Figuras N° 3 y N° 4**):

- A. Aplasia o hipoplasia rotulianas:** ocurre frecuentemente bilateral. La aplasia se manifiesta cuando el surco intercondíleo se desarrolla muy profundo lo que genera agenesia de la rótula generando dificultades al erguirse o caminar. Rara vez se genera hipoplasia de la rótula desplazada lateralmente por variaciones en la alineación del tendón del cuádriceps femoris o crural alterando de forma similar la biomecánica de la rodilla. Se conoce también como “rótula en guijarro”.

B. Rótula Segmentada, Bipartita o Multipartita: ocurre de forma ocasional y se asocia a factores de estrés biomecánico en el proceso de osificación rotuliana. Se manifiesta cuando no todos los centros de osificación coalescen en uno solo para generar la forma final de la rótula, en cambio, se forman uno o más centros de osificación separados resultando en la segmentación de la estructura. La más frecuente es la bipartita, seguida de la tripartita y finalmente las multipartitas. Estos segmentos adicionales se han denominado “*patelulas*” (Scheuer y Black, 2000:397). La más rara e infrecuente es la rótula duplicada que es un duplicado del segmento precursor de la rótula en donde se ubica este pequeño duplicado detrás del original.

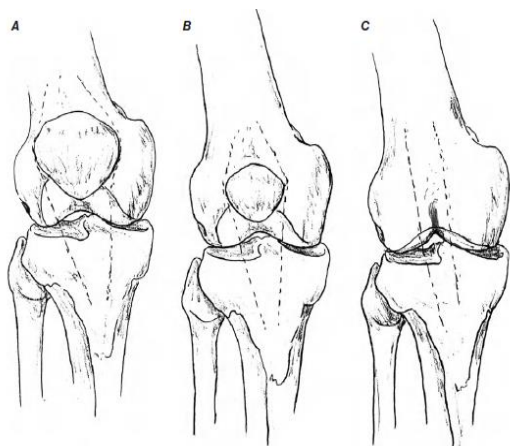


Figura N° 3

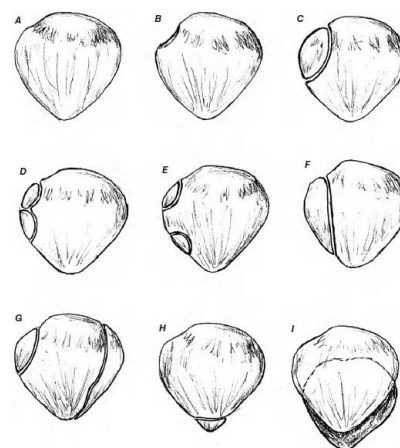


Figura N° 4

Figuras N° 3 y N° 4. Ilustraciones que denotan las alteraciones congénitas asociadas a hipoplasia y aplasia de la rótula; así como de las variaciones en rótulas segmentadas. Imágenes tomadas de Barnes et al. (2012).

También, la osteoartritis de la articulación de la rodilla es una causa común de dolor e incapacidad general (Vrezas et al., 2010; Ruibal et al., 2013). Es una afección progresiva que en consecuencia compromete mediante inflamación extensiva y daños paulatinos tanto al cartílago articular en las estructuras de esta articulación, como a la cápsula articular, al tejido óseo, los músculos, los ligamentos y los tendones que se alojan allí, generando alteraciones en la inervación periférica y dolor central (Boyan et al., 2013). Se ha asociado a esta afección sintomática el avance de la edad o la actividad deportiva de alto rendimiento como factores de riesgo, pero como principal factor desencadenante de esta osteopatología es el sobrepeso, directamente relacionado con el *índice de masa corporal (body mass index en inglés)* que acelera su severidad (Vrezas et al., 2010). Los autores afirman que si bien los mecanismos en que la obesidad se relaciona significativamente con la patogénesis de la osteoartritis de rodilla no están del todo comprendidos, se han sugerido principalmente dos desencadenantes: por un lado el factor biomecánico que representa en actividad física altamente reducida, inmovilidad, anormalidades en los músculos y presión anormal sobre el cartílago articular; y por otro lado el factor metabólico (manifiesto en desregulación hormonal principalmente, o en las adipocinas, proteínas secretadas por el tejido adiposo).

Por estas razones generales de singularidad a la normalidad en la formación, desarrollo y anatomía general de la rótula humana, se excluyen todas las rótulas de la muestra que posean estas características osteopatológicas atípicas, anómalas o infrecuentes. Pero a pesar de ser excluidas en la selección de la muestra, es importante sugerir que uno de los objetivos finales de la Antropología Física, Biológica y Forense es comprender la variabilidad biológica humana, sus cambios, alteraciones o evoluciones en el tiempo y en el espacio. Por lo tanto el estudio de las rótulas como componentes esqueléticos del cuerpo humano debe trascender el objetivo de la descripción normal para poder comprender los problemas de causalidad en las variaciones anatómicas u osteopatológicas y sus relaciones con el medio, la actividad e incluso con los cambios tecnológicos y alimenticios actuales o futuros.

Este estudio sería aplicable únicamente a rótulas “normales”, sin afecciones de tipo osteopatológico o congénito anómalo. En contextos forenses y de identificación humana, las variaciones anatómicas y/o las alteraciones osteopatológicas de la rótula pueden ser altamente individualizantes dada su relativa infrecuencia.

1.7.6. Investigaciones previas con relación al dimorfismo sexual en rótulas humanas

Varios estudios en diferentes puntos del planeta han demostrado que la osteometría de la rótula con fines de estimar el sexo en humanos es estadísticamente eficaz cuando no se cuenta con otros marcadores. También como marcador esquelético adicional de soporte en una estimación multi-estructural, es decir, con varias estructuras esqueléticas disponibles. Se ha inferido de esta literatura relacionada con la estimación eficaz del dimorfismo sexual rotular reportada (Introna et al., 1998; Dayal y Bidmos, 2005; Bidmos et al., 2005; Kemkes-Grottenthaler, 2005; Mahfouz et al., 2007; Akhlaghi et al., 2010; Pangsorn et al., 2010; Phoophalee et al., 2012; Jana et al., 2013; y Kayalvizhi et al., 2015) que los porcentajes de confiabilidad o de precisión de estas fórmulas que discriminan los sexos alcanzan en el mayor porcentaje en rangos de 70% - 93,51% de confiabilidad. Según la literatura (p.e. Alemán et al., 1999; Moore, 2013) el porcentaje mínimo que representa significancia estadística en la precisión de clasificación discriminante (respuesta dicotómica “hombre” o “mujer”) deberá ser de cuando menos el 80% en contextos académicos o forenses.

Se han establecido seis (06) puntos osteométricos generales para rótulas en varios estudios (Introna et al., 1998; Dayal y Bidmos, 2005; Kemkes-Grottenthaler, 2005; Bidmos et al., 2005; Yoo et al., 2007) pero como sugieren y reportan otros autores (Akhlaghi et al., 2010) son tres los puntos de mayor diagnóstico diferencial, las dimensiones de alto máximo, ancho máximo y grosor máximo. A pesar de este reporte, este precepto puede variar entre las poblaciones y al interior de las mismas (principio de variabilidad biológica), por lo que en el presente estudio se omite dicha recomendación metodológica y se toman las seis (06) medidas previamente empleadas en estos estudios. No necesariamente pueden ser significativos en todas las poblaciones, pero en otras desconocidas puede cambiar. Estos puntos osteométricos son definidos en el siguiente capítulo.

Esto permite inferir que la totalidad de estudios generan altos porcentajes de clasificación en dimorfismo sexual con rótulas humanas, incluyendo la precisión de clasificación porcentual del presente estudio, que supera dicho porcentaje esperado (del 80%) en cuando menos un modelo estadístico –sea univariado o multivariado–. Se resumen en la **Tabla N° 1** los datos de los once (11) estudios reportados con altos niveles de precisión en la clasificación sexual:

Autores y Fecha de Publicaciones	Población de Muestra	Tamaño Muestral	N° Funciones Discriminantes Generadas	Rango % de precisión o confianza
Introna et al., 1998	Italia	n=80; 40 hombres y 40 mujeres.	7	76,3% - 83,8%
Dayal y Bidmos, 2005	Sudáfrica, Negros	n=120; 60 hombres y 60 mujeres	6	78,3% - 85%
Bidmos et al., 2005	Sudáfrica, Blancos	n=120; 60 hombres y 60 mujeres.	5	75% - 85%
Kemkes-Grottenthaler, 2005	Prehistórica – Alemania	n=52; 26 hombres y 26 mujeres.	12	71,2% - 84,6%
Mahfouz et al., 2007	Estados Unidos, Tennessee Col.	n=228; 133 hombres y 95 mujeres.	1 – Regresión Lineal Discrim.	93,51%
Akhlaghi et al., 2010	Irán	n=113; 57 hombres y 57 mujeres.	4	89,7% - 92,9%
Pangsorn et al., 2010	Tailandia	n=82; 52 hombres y 34 mujeres.	8	74,4% - 89,5%
Phoophalee et al., 2012	Tailandia	n=191; 137 hombres y 54 mujeres	5	84-8% - 88,9%
Jana et al., 2013	India	n=46; 23 hombres y 23 mujeres.	4	70% - 84%
Kayalvizhi et al., 2015	India	n=31; 19 hombres y 12 mujeres	4	71% - 80,6%
Duque y Blandón, 2016	México	n=151; 93 hombres y 58 mujeres	3	78,6% - 78,9%

Tabla N° 1. Resumen de estudios reportados en el mundo para dimorfismo sexual con rótulas.

Capítulo 2: Metodología de la investigación

En este capítulo se presenta el impacto así como el marco metodológico de la presente investigación, planteamiento y desarrollo de hipótesis de investigación desde la metodología estadística, descripción de la metodología desde la teoría estadística y aplicabilidad en el contexto investigativo.

2.1. Contexto Metodológico

El consenso internacional de científicos (Kimmerle et al., 2008) expone que las técnicas o métodos empleados (fórmulas matemáticas discriminantes, ecuaciones lineales o múltiples de regresión, inferencia Bayesiana, regresión logística, entre otros) para establecer variables biológicas como por ejemplo el sexo, la edad o la estatura, deben proceder imperantemente de estudios poblacionales desarrollados en la misma población a la que pertenece el cadáver debido a la –cada vez mayor en contextos de globalización– elevada variabilidad poblacional observada (en Colombia intrapoblacional e interpoblacional) y al error observado cuando se han puesto a prueba los métodos clásicos, desarrollados con base en muestras poblacionales norteamericanas y se han aplicado a poblaciones europeas (por ejemplo los Balcanes), asiáticas, africanas o latinoamericanas, en concreto y con mayor incidencia de error en la estimación de dimorfismo sexual (como señala ampliamente Guerrero y Sanabria, 2013; Moore, 2013 y Sanabria, 2016).

Los investigadores en antropología física y peritos forenses –tales como antropólogos, patólogos u odontólogos– abordan sus estudios específicos (como por ejemplo en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses –INMLCF–, la Dirección de Investigación Criminal –DIJIN– o el Cuerpo Técnico de Investigaciones –CTI– de la Fiscalía General de la Nación) empujando estándares óseos y dentales –tanto cualitativos como cuantitativos– producto de estudios poblacionales extranjeros, principalmente europeos y norteamericanos, lo que ha ido en contravía del consenso internacional científico para la aplicación de dichas técnicas en estudios locales poblacionales (cadáveres nativos de esta población), y partiendo del reto que implica el hallazgo e identificación de las personas desaparecidas en el contexto y en razón del conflicto armado interno colombiano –o en dado caso internacional–.

Para subsanar algunos de los baches que se presentan en esta problemática, y “*como esfuerzo para crear el Plan Nacional de Búsqueda (PNB), la FGN lideró el proceso de elaboración de la Guía Interinstitucional del Proceso de Búsqueda de Víctimas de desaparición forzada e identificación de cadáveres para servidores públicos, de acuerdo al Plan Nacional de Búsqueda de Personas Desaparecidas, la cual fue socializada a los servidores de la FGN-CTI, la DIJIN y el INMLCF que tienen la función de la búsqueda de personas desaparecidas*” (Comisión de Búsqueda de Personas Desaparecidas, 2016: 18). No obstante, desde la producción metodológica y científica colombiana no existen muchas validaciones o implementaciones de técnicas específicas en antropología física, desarrolladas en

población colombiana y para población colombiana –particularmente en la rótula, donde no se ha reportado aún ningún estudio para dimorfismo sexual–.

2.2. Descripción Metodológica General

Para el diseño aplicado se emplearon métodos propios de la matemática, específicamente de la estadística inferencial y descriptiva. Ya que se parte del concepto de variación biológica –y con claridad en que un solo elemento biológico puede variar entre individuos y entre poblaciones– es imperante la aplicación de métodos matemáticos que permitan discriminar o separar por clasificaciones y probabilidades de clasificación las variables a estudiar. En este caso, variables métricas de las rótulas que deberán ser estandarizadas para uno u otro grupo sexual, o no. Estudios previos (Rosique et al., 2005; Klepinger, 2006) han señalado que la frecuencia de pruebas, validación y uso de los métodos morfométricos ascienden a un 96% con respecto a la utilización de métodos morfológicos que ocupan un 4%. Ello sin duda dada la precisión y exactitud en las maniobras numéricas, sobre las observacionales.

El modelo estadístico que con frecuencia se ha aplicado en este tipo de investigaciones ha sido el del Análisis de Función Discriminante (con sus siglas en español AFD, o en inglés *DFA – Discriminant Function Analysis*) dado su alto nivel de precisión probabilística en estudios de clasificación dicotómica (sea A o sea B la clasificación, en este caso, femenino o masculino). De esta forma, se puede generar información con ecuaciones matemáticas discriminantes para la estimación probabilística de los datos métricos. Si bien se pueden aplicar otros métodos estadísticos para calcular las diferencias entre sexos (como por ejemplo las proporciones simples o el análisis de regresión logística (Klepinger, 2006; Mahfouz et al., 2007), hay marcadas diferencias entre sus porcentajes de acierto, y por lo tanto, el que mayor porcentaje de predicción manifiesta en general para el dimorfismo sexual esquelético humano ha sido el AFD (Moore, 2013; Krishan et al., 2016).

2.3. Metodología Aplicada

Desde el año 1985 varios investigadores vienen realizando pruebas estadísticas en contextos biológicos o físicos tanto de la antropología biológica, como de la zoología, la osteología comparada, etcétera, con el objetivo de aumentar la precisión metodológica en la estimación del dimorfismo sexual intrapoblacional, interpoblacional, e inclusive comparaciones de significancia o variación entre diferentes especies biológicas (Relethford y Hodges, 1985; Krogman e Iscan, 1986).

Las dimensiones esqueléticas (como grosores, anchos, longitudes, diámetros, índices, etcétera) que han sido calculadas con mediciones métricas, se pueden someter a la elaboración de funciones matemáticas discriminantes que resumen la variabilidad y clasifican a los individuos de una población dependiendo de su sexo biológico

(Klepinger, 2006). Y los estudios que utilizan estos métodos de discriminación matemática, permiten seleccionar las variables anatómicas con mayor potencia de discriminación sexual y reducir ampliamente la subjetividad del dato que es obtenido por el investigador (Konigsberg 1991; Lucy, 2005).

Acorde a los parámetros de diseño metodológico de investigación, patentados por Sampieri et al. (2006) y de Lucy (2005), se realizó la selección primaria de lo que define como “unidad de análisis”, elementos a los que se va a someter medición y procesamiento futuro, en este estudio la unidad de análisis es la rótula humana. Posterior, se seleccionó la muestra, definida por estos autores como un “*subgrupo de la población de interés sobre el cuál se recolectarán datos previamente delimitados y deberá tener una cifra representativa para la población*” (p. 236). En este caso, la población o universo proviene de la colección osteológica de referencia de la Universidad de Antioquia que posee individuos de población colombiana.

Ello permitió generar parámetros muestrales (Giles y Eliot, 1963; Sampieri et al., 2008; Craig, 2010), aunados inherentemente con criterios de inclusión y de exclusión de cada rótula seleccionada para someterse a medición y análisis, lo que permite someter el presente estudio a la réplica en el mismo universo muestral.

Se describe a continuación el procedimiento de operacionalización de la muestra y de variables que se sometieron a análisis inferencial/descriptivo estadístico:

El tipo de estudio o diseño de la investigación es de tipo transversal (observación directa), osteométrico, mediante el uso de la Colección Osteológica de Referencia del Laboratorio de Antropología Física de la Universidad de Antioquia. El universo corresponde a población colombiana, de la Colección Osteológica de Referencia de la Universidad de Antioquia (Medellín, Antioquia, Colombia) con quinientos (500) individuos almacenados y documentados con información *ante mortem* a la fecha de realización de la toma de muestra del presente estudio. La muestra probabilística empleada comprendió la totalidad de cadáveres esqueletizados almacenados en la Colección Osteológica de Referencia del Laboratorio de Antropología Física de la Universidad de Antioquia (Medellín) que no posean criterios de exclusión (luego de la revisión de cadáveres esqueletizados de la colección, se seleccionó un número final de población muestral válida de $n= 170$ individuos; 125 hombres y 45 mujeres).

En el teorema del límite central estadístico, se señala que una muestra de más de 100 unidades es una muestra con una distribución normal en sus características. Sin embargo, la normalidad no debe confundirse con probabilidad. La normalidad es necesaria para realizar pruebas estadísticas, pero la probabilidad es un requisito indispensable para hacer inferencias correctas sobre una población específica, en este caso, la clasificación del sexo biológico (Klepinger, 2006). El tamaño de la muestra es sensible al error y al nivel de significancia o confianza que sean definidos. A menor error y mayor nivel de confianza, mayor tamaño de la muestra es requerido para representar a la población o universo muestral (Konigsberg, 1991). Sin embargo, Sampieri et al. (2006)

afirman que la distribución de muestras de 100 o más elementos tiende a ser normal y esto sirve para el propósito de hacer estadística inferencial, sobre los valores de una población.

La muestra probabilística es definida como un “*subgrupo de la población en el que todos los elementos de ésta tienen la misma posibilidad de ser elegidos o clasificados*” (Sampieri et al., 2006: 241). Las muestras probabilísticas, señalan los autores, tienen muchas más ventajas y precisiones, la principal es que puede medirse el tamaño del error o la tasa de error en las predicciones numéricas que se realicen. Se plantea que incluso el principal objetivo del diseño de una muestra probabilística es reducir al mínimo esta tasa de error, al que se denomina *error estándar*.

La unidad de observación o análisis de este estudio fue la rótula o *patella* humana (una o dos presentes/aptas por individuo). Para las unidades de análisis de la Colección Osteológica de Referencia se incluyeron los individuos adultos (iguales o mayores de 18 años) y de ambos sexos (masculino y femenino). Las rótulas medidas fueron seleccionadas de individuos que no evidenciaron traumas (antiguos o recientes), que no evidenciaron alteraciones osteopatológicas (variaciones anómalas congénitas, deformaciones, tumorales o de desalineación articular crónica) ni que evidenciaron alteraciones quirúrgicas (criterios de exclusión).

Para la recolección de los datos de la Colección Osteológica de Referencia se midieron los seis (06) puntos osteométricos en rótulas acorde a la literatura, definidos como variables de medición. Se tomaron las mediciones con calibrador pie de rey digital marca Mitutoyo® previamente calibrado, y se expresaron en milímetros. Se establecieron seis (06) puntos osteométricos generales para rótulas en varios estudios (Introna et al., 1998; Dayal y Bidmos, 2005; Kemkes-Grottenthaler, 2005; Bidmos et al., 2005; Yoo et al., 2007) pero como sugieren y reportan otros autores (Akhlaghi et al., 2010) son tres los puntos de mayor diagnóstico diferencial, los tres primeros. No obstante, partiendo del principio de variabilidad biológica interpoblacional e intrapoblacional, se toman las seis (06) dimensiones previamente delimitadas. Las variables a tener en cuenta son las distancias entre puntos o medidas “patelares” o “rotulares” propuestas. Estas variables se enlistan la **Tabla N° 2** con su respectiva abreviatura. En la **Figura N° 5** se ilustran las mediciones a realizar con la rótula acorde a su descripción.

ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
AMAX	Altura Máxima –en inglés MAXH, <i>maximum height</i> – que define la distancia máxima entre la base y el ápice.
ANMAX	Ancho Máximo –en inglés MAXB, <i>maximum breath</i> – que define la distancia máxima entre el punto más prominente de bordes medial y el lateral.
GROMAX	Grosor Máximo –en inglés MAXT, <i>maximum thickness</i> – que define la máxima distancia entre las facetas anterior y posterior.
AMAF	Altura Máxima de Faceta Articular –en inglés HAF, <i>maximum height of articulating</i>

	<i>facet</i> – que define la máxima distancia entre el punto más superior y el más inferior de la faceta articular en la cara posterior de la rótula.
ANMAXFAL	Ancho Máximo de Faceta Articular Lateral –en inglés LAFB, <i>maximum width of lateral articulating facet</i> – que define la máxima distancia entre el punto de separación de carillas articulares y el borde lateral de la rótula.
ANMAXFAM	Ancho Máximo de Faceta Articular Medial –en inglés MAFB, <i>maximum width of medial articulating facet</i> – que define la máxima distancia entre el punto de separación de carillas articulares y el borde medial de la rótula.

Tabla N° 2. Definición de seis (06) variables osteométricas de la rótula empleadas en el presente estudio.



Figura N° 5. Vistas anterior, posterior y lateral de rótula izquierda normal adulta, líneas blancas demarcan los puntos osteométricos a medir. Fotografías tomadas por el autor a rótula izquierda íntegra, perteneciente a individuo de la Colección Osteológica de Referencia del Laboratorio de Osteología Antropológica de la Universidad de Antioquia.

Es de anotar que estos parámetros no fueron consignados ni por los parámetros generales de osteometría establecidos por Buikstra y Ubelaker (1994) ni por los de Moore-Jansen et al. (1994).

Se tomaron los datos de seis medidas anatómicas de las rótulas válidas de cada esqueleto. Los análisis específicos (descriptivo e inferencial) de los datos incluyeron: prueba de normalidad y de homocedasticidad para las variables planteadas, prueba *t* de Student para muestras pareadas con el objeto de calcular si hay diferencias significativas entre rótulas izquierdas y derechas del mismo individuo, el cálculo del porcentaje correcto de clasificación univariado, es decir, variable por variable; y finalmente el diseño del modelo estadístico multivariado de función discriminante con base en porcentajes de clasificación correcta.

Se creó una base de datos como plan de tabulación de datos, en la que se registró cada variable y su valor correspondiente, con el fin de proceder posteriormente con su procesamiento estadístico. Para este proceso se empleó el marco muestral realizado en dicha matriz y se utilizó el paquete estadístico SPSS® V. 24.0 de IBM para Windows para los análisis estadísticos.

Las funciones incorporadas en este programa informático facilitaron el análisis estadístico descriptivo, inferencial y multivariable, así como la obtención de gráficos a partir de los distintos cálculos efectuados. Además permitió la definición y manipulación de datos acorde al comportamiento que se requirió conocer en las variables a examinar en cada segmento (Field, 2009). Permitted realizar distintos procedimientos estadísticos complejos como gráficos estadísticos, técnicas analíticas multivariadas, análisis factorial y discriminante, elaboración y manejo de tablas, todas ellas, herramientas que se utilizan para conocer con exactitud matemática el comportamiento de los datos o variables que se analizaron en el presente estudio.

Elaborada la matriz de datos con las seis (06) variables cuantitativas de las rótulas seleccionadas de la población, se calcularon los estadísticos descriptivos para la población muestral (media, desviación estándar, desviación típica y rangos). Estos valores paramétricos constituyen la base para generar los modelos de clasificación osteométrica, pues a partir de estos valores se formula la hipótesis nula (H_0) que confirme o rechace la relación "normal" de la morfometría de una rótula con el sexo biológico humano, sea hombre o mujer (como sugiere ampliamente Craig, 2010). Esto generó indicadores estadísticos (ecuaciones o funciones discriminantes) que constituyeron los modelos finales de aplicación de la fórmula en otros contextos, como por ejemplo el contexto forense donde el sexo del individuo a clasificar es desconocido. La formulación de hipótesis es la siguiente:

H_0 : las rótulas humanas no poseen diferencias métricas entre hombres y mujeres (no hay dimorfismo sexual).

H_a : las rótulas humanas poseen diferencias métricas entre hombres y mujeres (si hay dimorfismo sexual).

****Si se rechaza la H_0 , se acepta la H_a ****

$$\mu_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$\mu_a = \mu_1 \neq \mu_2$$

El cálculo del error inter-observador se empleó al tomar las medidas dos veces cada una por el investigador y revisión de par; a su vez para controlar el error intra-observador, el investigador revisó medidas tomadas aleatoriamente con diferencias máximas en medidas aleatorias de máximo 2mm. También existe un sesgo potencial en la población muestral, y es que predominan los hombres sobre las mujeres en una relación de aproximadamente 3:1. Ello puede alterar los promedios o centroides al interior del número de individuos que

integran la muestra, alterando posiblemente los puntos de corte calculados al no haber una distribución equitativa entre hombres medidos y mujeres medidas. Por esta razón, se calculan puntos de corte para cada una de las funciones multivariadas, ya que el número de hombres es superior al de mujeres en los tamaños muestrales. Para la medición del error en la aplicación de estadística paramétrica de la hipótesis planteada, se realizan dos pruebas, la de normalidad con los datos obtenidos (en este caso la de Kolmogorov-Smirnov; se emplea para calcular si los valores de la variable dependiente sigan una distribución normal en la población a la que pertenece la muestra) y la de homocedasticidad (se emplea la prueba de Levene, para calcular que las varianzas de la variable dependiente en los grupos que se comparan sean aproximadamente iguales, es decir, homogeneidad de las varianzas; si no son homogéneas no posee homocedasticidad lo que le quita confiabilidad a la prueba). Se establece una significancia por defecto del 5% (0.05) para los cálculos.

El conjunto de material bibliográfico seleccionado arrojó un universo de noventa y ocho (98) referencias. Después de una revisión detallada y sistemática de esas referencias se ingresaron en el programa Mendeley®, software que permite la creación de ficheros bibliográficos.

Capítulo 3: Resultados y conclusiones

En este capítulo se referencian los resultados de los análisis estadísticos planteados metodológicamente, paso a paso con los cálculos realizados y sus respectivas tablas; asimismo se realiza la interpretación de los datos procesados acorde a los resultados numéricos, y se concluye el estudio con las fórmulas discriminantes generadas.

3.1. Resultados

Luego de determinar los grupos a clasificar (hombres y mujeres respectivamente, con categoría “sexo”), y de plantear las hipótesis operativas, se calcularon los estadísticos descriptivos de la muestra analizada (**Tabla N° 3**).

VARIABLES	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
AMAX	170	30,30	48,52	41,3379	3,54990
ANMAX	170	31,35	51,96	42,8542	3,89312
GROMAX	170	13,53	25,26	19,7631	1,90489
AMAFA	170	20,76	39,34	31,5404	2,91391
ANMAXFAL	170	17,31	31,14	24,6478	2,61104
ANMAXFAM	170	13,15	24,94	19,6989	2,32302

Tabla N° 3. Estadísticos descriptivos de los diferentes grupos de variables.

Se realizan posteriormente las pruebas de normalidad en la muestra (**Tabla N° 4**), así como la homocedasticidad para el cálculo de errores con el siguiente resultado:

	SEXO	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	Grados de libertad	Sig. (P)
AMAX-D	FEMENINO	,082	45	,200*
	MASCULINO	,080	125	,058
ANMAX-D	FEMENINO	,122	45	,091
	MASCULINO	,057	125	,200*
GROMAX-D	FEMENINO	,069	45	,200*
	MASCULINO	,041	125	,200*
AMAFA-D	FEMENINO	,084	45	,200*
	MASCULINO	,060	125	,200*
ANMAXFAL-D	FEMENINO	,102	45	,200*
	MASCULINO	,053	125	,200*

ANMAXFAM-D	FEMENINO	,057	45	,200*
	MASCULINO	,048	125	,200*

Tabla N° 4. Prueba estadística paramétrica de normalidad Kolmogorov-Smirnov.

Se observa que hay homogeneidad de varianzas con base en la significancia del 5%, es decir, ambos grupos poseen varianzas similares, cercanas a la igualdad (valores superiores a 0.05). Posteriormente se realiza la prueba de Levene, para calcular la homocedasticidad de los datos, es decir, la homogeneidad de varianzas entre los grupos (**Tabla N° 5**):

Medida patelar	Estadístico de Levene	Grados de libertad 1	Grados de libertad 2	Sig. (P)
AMAX-D	1,260	1	168	,263
ANMAX-D	,100	1	168	,752
GROMAX-D	,266	1	168	,606
AMAFD-D	1,408	1	168	,237
ANMAXFAL-D	1,040	1	168	,309
ANMAXFAM-D	,089	1	168	,766

Tabla N° 5. Prueba estadística de Levene para evaluar homocedasticidad, se observa homogeneidad de varianzas.

Se observa que en cada una de las seis (06) variables, hay un valor *P* –o Significancia– superior a 0.05 (95% de confianza), lo que rechaza la hipótesis operativa alternativa, y confirma la hipótesis nula, es decir, existe homogeneidad de varianzas entre los grupos (hombres y mujeres).

Con base en estos dos cálculos estadísticos, se confirma una homogeneidad de varianzas, lo que permite continuar con la siguiente prueba estadística. Previo a realizar el análisis de función discriminante, se realizó una prueba *t de Student para muestras pareadas* en SPSS® V. 24.0 de IBM para Windows con el objeto de probar si existen diferencias métricas estadísticamente significativas entre las medidas rotulares promedio –izquierdas y derechas– de los individuos pertenecientes a la muestra del presente estudio. Las diferencias métricas en las variables no fueron estadísticamente significativas, evidenciándolo con sus valores *P* (**Tabla N° 6**).

Se midieron las rótulas de ambos lados (seleccionadas con base en criterios de inclusión) ya que, como se ha comprobado por medio de la prueba *t de Student*, no hay diferencias significativas –en el mismo individuo– entre las medidas de las seis (06) variables osteométricas propuestas del lado derecho y las del lado izquierdo. Ello permitió inferir que las rótulas derechas e izquierdas de cada uno de los individuos no poseen diferencias métricas significativas entre sí, lo que permite emplear para el análisis final inferencial las medidas de la rótula izquierda o de la derecha sin importar el lado.

Medidas patelares pares de lado izquierdo y derecho	Diferencias Pareadas					t	Grados de libertad	Sig. (2-colas) (P)
	Media	Desviación Estándar	Media del Error Estándar	95% Intervalo de Confianza de las Diferencias				
				Menor	Mayor			
Par 1 AMAX-D - AMAX-I	-,1016379	1,1976890	,1112026	-,3219090	,1186331	-,914	115	,363
Par 2 ANMAX-D - ANMAX-I	-,0907759	1,2247365	,1137139	-,3160213	,1344695	-,798	115	,426
Par 3 GROMAX-D - GROMAX-I	-,4760345	2,8210580	,2619287	-,9948648	,0427958	-1,817	115	,072
Par 4 AMAFA-D - AMAFA-I	-,2672414	2,4621205	,2286022	-,7200582	,1855755	-1,169	115	,245
Par 5 ANMAXFAL-D - ANMAXFAL-I	-1,0766379	1,8001058	,1671356	-1,4077014	-,7455744	-6,442	115	,000
Par 6 ANMAXFAM-D - ANMAXFAM-I	,8654310	1,6690952	,1549716	,5584621	1,1724000	5,584	115	,000

Tabla N° 6. Prueba t de Student para muestras pareadas, los valores P sugieren que NO hay diferencias significativas entre las rótulas izquierda y derecha del mismo individuo.

Posteriormente, se calcularon la diferencia de medias entre las medidas rotulares de hombres y mujeres; se realizó prueba t de Student para muestras independientes, con resultados de significancia estadística en la variación entre medidas rotulares de los hombres con respecto a las de las mujeres. Para cada una de las seis medidas, se observó significancia entre las diferencias femeninas a masculinas, es decir, todas las medidas poseen significancia estadística superior a 0.05, lo que rechaza la hipótesis nula que en este caso plantea que las mediciones son homogéneas entre hombres y mujeres; por el contrario acepta la hipótesis alternativa donde se establece que sí hay diferencias significativas entre las mediciones rotulares de hombres y mujeres (**Tabla N° 7**).

Medidas Rotulares	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							
	F	Sig. (P)	t	Grados de libertad	Sig. (bilateral) (P)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
								Inferior	Superior	
AMAX-D Se han asumido varianzas iguales	1,260	,263	-	168	,000	-4,86018	,49246	-5,83239	-3,88797	
			9,869					66,94	-5,93429	-3,78607
			-					3	,000	-4,86018

ANMAX-D		,100	,752	-	168	,000	-5,04380	,55620	-6,14184	-3,94576
	Se han asumido varianzas iguales			9,068	74,96	,000	-5,04380	,56765	-6,17463	-3,91298
GROMAX-D		,266	,606	-	168	,000	-2,21371	,28486	-2,77608	-1,65133
	Se han asumido varianzas iguales			7,771	80,39	,000	-2,21371	,28000	-2,77088	-1,65654
AMAFA-D		1,408	,237	-	168	,000	-2,86381	,45752	-3,76704	-1,96059
	Se han asumido varianzas iguales			6,259	63,77	,000	-2,86381	,51662	-3,89595	-1,83167
ANMAXFAL-D		1,040	,309	-	168	,000	-2,90532	,39626	-3,68762	-2,12303
	Se han asumido varianzas iguales			7,332	70,94	,000	-2,90532	,41757	-3,73795	-2,07270
ANMAXFAM-D		,089	,766	-	168	,000	-2,10596	,37103	-2,83844	-1,37347
	Se han asumido varianzas iguales			5,676	82,12	,000	-2,10596	,36073	-2,82355	-1,38837
				5,838	9					

Tabla N° 7. Resultados prueba t de Student para muestras independientes con diferencias significativas entre medidas de mujeres y medidas de hombres.

Siguiente a esta prueba, se emplea el estándar del software SPSS® V. 24.0 de IBM para Windows, con subrutinas de *Análisis de Función Discriminante (AFD)*, con base en la base de datos generada para las medidas de los 170 individuos. En primera instancia se evaluó la probabilidad de clasificación en cada una de las medidas, de forma univariada, sin hallar un porcentaje aceptable de clasificación para ninguna. Por lo tanto, no es aconsejable emplear funciones univariadas dada la inaceptada probabilidad de clasificación sexual (**Tabla N° 8**).

Medida Patelar (Variable)	% de clasificación correcta / precisión		% General de clasificación para ambos sexos
	Hombre	Mujer	
AMAX	79,2%	75,6%	78,2%
ANMAX	76,8%	77,8%	77,1%
GROMAX	76,0%	73,3%	75,9%
AMAFA	68,8%	71,1%	69,4%
ANMAXFAL	72,0%	73,3%	72,4%
ANMAXFAM	68,8%	73,3%	70,0%

Tabla N° 8. Porcentajes de clasificación no aceptados para cada una de las mediciones rotulares en hombres y en mujeres (clasificación univariada).

3.1. Conclusiones

Partiendo de estos resultados estadísticos, se procedió a realizar la subrutina de análisis multivariado para estas variables osteométricas. Se observó que la estimación de sexo con rótulas colombianas, tiene altos porcentajes de clasificación correcta con dos funciones multivariadas discriminantes: únicamente en dos (02) de las cinco (05) funciones discriminantes generadas: la Función 2 (Directa) con un 82,9% de clasificación correcta; y la Función 1 (Stepwise) con un 82,4% de clasificación correcta. Las restantes tres funciones generadas con base en agrupación de alturas, anchos y medidas de faceta articular no evidenciaron probabilidades adecuadas de clasificación (79,4%, 78,8% y 78,2% respectivamente) (**Tabla N° 9**). A pesar de no superar el 80% de validez probabilística, están muy cerca de dicho valor, por lo que se sugiere que en eventual caso de ajustar el tamaño muestral de manera más homogénea en número de hombres medidos y número de mujeres medidas, pueda alcanzar o superar este porcentaje correcto de clasificación sugerido por la literatura.

Como señalan Alemán et al. (1999), para determinar el sexo de un individuo a través del análisis de las funciones discriminantes (AFD), el punto de corte es el que indica si las estructuras analizadas pertenecen a un hombre o a una mujer, dependiendo de que el valor obtenido sea mayor o menor que éste. Si es menor, se clasifica como mujer, si es mayor se clasifica como hombre (fórmulas en **Tabla N° 9**).

Función	Fórmula con coeficientes por función	Constante	Punto de Corte	% General de clasificación para ambos sexos
Función 2 (Directa)	AMAX (0,205) + ANMAX (0,094) + GROMAX (0,078) + AMAFA (-0,006) + ANMAXFAL (0,039) + ANMAXFAM (0,045) + Constante	-15,719	-0,432	82,9%
Función 1 (Stepwise)	AMAX (0,232) + ANMAX (0,137) + Constante	-15,460	-0,428	82,4%
Función 5 (Articular)	AMAFA (0,110) + ANMAXFAL (0,266) + ANMAXFAM (0,214) + Constante	-14,256	-0,362	79,4%
Función 4 (Anchos)	ANMAX (0,205) + ANMAXFAL (0,118) + ANMAXFAM (0,123) + Constante	-14,117	-0,385	78,8%
Función 3 (Alturas)	AMAX (0,340) + AMAFA (0,022) + Constante	-14,766	-0,404	78,2%

Tabla N° 9. Porcentajes de clasificación aceptados para dos (02) de las cinco (05) funciones discriminantes generadas para población colombiana. Se incluyen los puntos de corte, las constantes y las variables a despejar. El valor que sea menor del punto de corte se clasifica como mujer, y el que sea mayor al punto de corte se clasifica como masculino.

Los resultados de esta investigación demuestran que las técnicas osteométricas para estimar dimorfismo sexual con rótulas tienden a ser más precisas y menos subjetivas que las morfológicas. También demuestran que si bien solamente dos de las cinco funciones discriminantes multivariadas generadas son superiores al porcentaje mínimo sugerido como confiable en su clasificación (ambas poseen altos niveles de confiabilidad para la discriminación sexual en rótulas humanas), las restantes son muy cercanas al 80% de confiabilidad.

En los últimos años se ha determinado que los antropólogos físicos y forenses prefieren el uso de las técnicas métricas (Klepinger, 2006; Craig, 2010; Moore, 2013; Sanabria, 2016; Briggs, 2016) debido a su efectividad en la determinación de variables biológicas humanas, en este caso el sexo. En las técnicas métricas, el entrenamiento del antropólogo estará enfocado no sólo en la observación y conocimiento osteomorfológico, sino también en técnicas de medición con estructuras esqueléticas y el uso adecuado de instrumentos de medición calibrados. El método multivariado es preferible al univariado, y recomendable cuando se pueda utilizar, ya que tiene en cuenta la covariación entre las variables en estudio (Giles y Klepinger, 1988; Klepinger, 2005).

Es propuesto de igual forma, que el análisis osteoscópico para estimar el sexo de un cadáver esquelizado puede ser casi del 100% efectivo, pero únicamente cuando el esqueleto se encuentra completo y sus componentes completamente íntegros –teniendo en cuenta el entrenamiento y experiencia visual del antropólogo– (Iskan, 2005), lo cual es poco frecuente en contextos forenses. La precisión en el acierto al clasificar el sexo de un esqueleto desconocido como masculino o femenino –en general– dependerá de la cantidad de componentes óseos con los que se cuente y su integridad para medir u observar; y en la rótula –particularmente– dependerá de su estado de preservación o alteración (por ejemplo tafonómica, patológica, congénita o traumática). También dependerá de la precisión del perito a la hora de medir, pues en todos los métodos osteométricos –a pesar de ser más objetivos en esencia– se establecen puntos osteométricos con base en los accidentes anatómicos previamente clasificados, y a menudo, se incurre en errores de medición o errores inter-observador e intra-observador. Para subsanar al máximo esta vicisitud, se realizaron cálculos del error inter e intra observador en el presente estudio.

Un conocimiento relevante o profundo sobre la estructura musculoesquelética a investigar, y sus relaciones asociadas con otros componentes anatómicos, biofísicos y biomecánicos es de vital importancia a la hora de maniobrar morfológicamente o morfométricamente con funciones matemáticas discriminantes. Esto permite mayor entendimiento del funcionamiento y comportamiento de los datos numéricos extraídos y de la aplicabilidad que pueda tener en un contexto complejo determinado (por ejemplo hallar una pierna –o una rodilla– aislada después de un desastre masivo natural).

También es importante que el investigador esté familiarizado con el patrón de variabilidad dentro de una población –en este caso colombiana– dados los altos índices de mestizaje y flujo génico. No todas las poblaciones varían igual acorde a sus factores intrínsecos o extrínsecos (Moore, 2013).

En este trabajo de investigación queda demostrada la validez de dos (02) funciones o modelos discriminantes y su análisis estadístico que orientan la variación osteométrica y la estimación de dimorfismo sexual con base en rótulas humanas, colombianas, –sean izquierdas o derechas– basadas en una muestra de población actual colombiana; su aplicabilidad puede alcanzar fines académicos e investigativos, o forenses y judiciales en procesos de identificación humana avanzada.

Acorde a reportes de investigación recientes (Alemán et al., 1999 o Dawson et al., 2011) la confiabilidad en la precisión probabilística con respecto a la estimación métrica de dimorfismo sexual, deben poseer un mínimo dintel del 80% al 95% de significancia. Si poseen porcentajes de clasificación correctos inferiores al 80%, son de poca o nula utilidad por los altos errores en la clasificación. Por lo tanto, se evidencia la necesidad de rigor en éstos estudios incluyendo ambos conceptos tanto de precisión como de confianza en la selección de las características a medir, poseer claridad en la variación biológica permanente intrapoblacional e interpoblacional, y la importancia de evaluar los criterios de mayor precisión y confianza cuando se analicen cadáveres complejos, segmentos anatómicos o componentes esqueléticos aislados (Komar y Buikstra, 2007).

Los resultados del presente estudio evidencian que es estadísticamente significativa la discriminación sexual rotular con dos (02) funciones multivariadas únicamente (las funciones N° 2 y N° 1 con 82,9% y 82,4% de precisión respectivamente). Las funciones univariadas no evidenciaron porcentajes de confiabilidad en la clasificación por lo que se excluyen completamente aisladas. Las demás funciones multivariadas (funciones N° 5, N° 4 y N° 3 con 79,4%, 78,8% y 78,2% respectivamente) tampoco evidenciaron porcentajes de clasificación correctos. Esto posiblemente ocurre gracias al sesgo potencial en la proporción muestral de hombres y mujeres (125 hombres, 45 mujeres; relación de casi 3:1). Es importante tener claridad en este sesgo, ya que si el presente estudio se realiza con tamaño muestral completamente homogéneo en el número de hombres y de mujeres, pueden haber cambios en el modelo estadístico, aumentando o disminuyendo significativamente los porcentajes de confiabilidad en la clasificación o discriminación sexual.

El impacto social, científico, técnico y forense de esta investigación es alto en la medida que puede facilitar en la cotidianidad de las actividades periciales o científicas una estimación adecuada de la variable dimórfica sexual y así contribuir en identificaciones plenas. Ejemplo de ello, es su aplicabilidad en términos periciales enmarcados en la Justicia Transicional que lleva varios años ya tocando en las puertas del conflicto armado colombiano. El estado Colombiano –desde el año 1991 en que se instauró como Estado

Social de Derecho– incorporó diferencialmente los derechos de las víctimas del conflicto armado. Por ejemplo, el Acuerdo N° 062 de 2015 de La Habana, Cuba, entre el Gobierno Nacional Colombiano y las FARC-EP hace hincapié en “...el fin de aliviar el sufrimiento de las personas dadas por desaparecidas y de esta manera contribuir a la satisfacción de sus derechos” (Comisión de Búsqueda de Personas Desaparecidas, 2016: 6) y en realizar fortalecimientos institucionales en aras de mejorar y acelerar las fases de búsqueda, localización, recolección, identificación y entrega digna de cadáveres de personas dadas por desaparecidas o en condición de no identificadas.

La antropología física, biológica y forense se ha convertido en un campo relacionado no solamente con la identificación humana, sino también con el estudio y entendimiento en la estimación de las variaciones humanas. De esta forma se genera un aporte metodológico, teórico y práctico en el entendimiento de la variación intrapoblacional, y la posibilidad válida de estimación del sexo biológico con rótulas, en nuestra población. A partir de estas funciones de clasificación –con sus probabilidades asociadas– se generó un nuevo parámetro de análisis acorde a los grupos definidos para nuestra población.

Discusión y consideraciones finales

En el presente estudio se observa que a pesar de que el porcentaje de clasificación correcta no es tan alto, se puede emplear aclarando esta limitación en las conclusiones de resultados –sea en práctica académica o práctica forense–. Este porcentaje de clasificación sexual acertado con la rótula, se puede potenciar realizando sumatoria de variables osteométrica y/o osteomorfológicas en el esqueleto estudiado.

Acorde a Kemkes-Gottenthaler (2005) y a las sugerencias de otros estudios con la misma estructura en diferentes puntos del globo, se debe tener precaución con la aplicación o el uso de esta estructura esquelética en la estimación osteométrica de sexo con fines forenses. Esta investigadora encontró que existe parcialidad en el método, ya que las rótulas de *hombres* fueron mejor clasificadas (en términos estadísticos) que las rótulas de mujeres; especialmente los individuos mujeres mayores –de avanzada edad– que tienden a ser clasificados erróneamente como hombres y viceversa, con base en sus rótulas. Aunque el presente estudio genera un aporte de elevado impacto desde la antropología forense en el ejercicio científico de la estimación de sexo en cadáveres complejos, se sugiere el empleo de este componente esquelético (rótula) solamente cuando sea estrictamente necesario su uso –si no se dispone de más estructuras óseas diagnósticas o marcadores esqueléticos por ejemplo, o se desea confirmar la estimación general– dado su bajo porcentaje de clasificación correcta con respecto a otros métodos más precisos (como por ejemplo el uso conjunto de estructuras craneales y pélvicas).

El trabajo interdisciplinario requiere la incorporación de nuevas tecnologías y técnicas que permitirían saltar las brechas metodológicas limitantes en los estudios osteométricos tales como la existencia o disponibilidad de *Colecciones Óseas de Referencia*, o la integridad de las estructuras para su procesamiento en hueso seco. Ejemplo de estas tecnologías emergentes de imagenología diagnóstica en este tipo de estudios son las TAC (Tomografía Axial Computarizada), las RMN (Resonancia Magnética Nuclear), la digitalización de puntos mediante Scanner, la geometría morfológica y morfométrica (GM) entre otras. Dada su nula invasividad, se puede practicar con cadáveres frescos o con personas vivas, lo que aumentaría la muestra exponencialmente así como su precisión métrica eliminando el error intra e inter observador; también reduciría la limitación del deterioro estructural rotular; así se aumentaría inclusive la información biológica de la zona anatómica estudiada y se podrían obtener más datos que amplifiquen la descripción métrica y morfológica de los componentes esqueléticos a estudiar (Mahfouz et al., 2007; Lee et al., 2015; Krishan et al., 2016). A futuro hay que validar estos estudios con nuevas metodologías que puedan aumentar la precisión en la estimación osteométrica del sexo con la rótula.

Si bien la tarea de investigar en el ámbito del dimorfismo sexual con estructuras óseas humanas se ha enfocado en aplicarse a individuos subadultos dada su complejidad, y aunque se han realizado varios intentos por cuantificar los patrones morfológicos infantiles de varios huesos (por ejemplo los coxales de la cintura pélvica), no se han encontrado diferencias significativas en términos de dimensiones o índices óseos. Esto se debe a que, desde la infancia hasta la adolescencia, las características métricas están en constante flujo gracias a que están ligadas a tasas individuales de crecimiento y desarrollo altamente variables. Por lo tanto no se recomienda –

teóricamente– abordar estudios de estimación de dimorfismo sexual en individuos subadultos o inmaduros esqueléticamente, al menos partiendo de metodología cuantitativa como sugieren Komar y Buikstra (2007) e Isaza (2014). También existe el factor limitante de la carencia de números elevados de individuos de ambos sexos en estos rangos etáreos infantiles que hagan parte de las colecciones esqueléticas disponibles en general (Moore, 2013). Esto obedece a la dificultad que representa captar estos individuos, y preservar sus componentes. El presente estudio por lo tanto, excluye a la población infantil y subadulto en general.

En nuestro medio general colombiano –y departamental en particular– con altos índices de mestizaje activos durante siglos, se han generado retos investigativos en el país a mediano y a corto plazo. Estas necesidades investigativas comprenden variables tales como el establecimiento de tasas más aproximadas de dimorfismo sexual en diferentes regiones esqueléticas –partiendo del hecho de que en cada componente anatómico se manifiestan de manera diferencial por componentes hereditarios, nutricionales o medioambientales–; o la comprensión no solamente de la correlación entre variables (por ejemplo la manifestación del dimorfismo sexual con respecto a la edad biológica y tasas de maduración corporal, a los procesos patológicos, nutricionales, o de ascendencia poblacional) sino su causalidad, etiología e impacto epidemiológico.

También es importante realizar estudios comparativos inter-poblacionales para delimitar cuales pueden ser los parámetros universales –en hombres y mujeres– con respecto a los particulares de cada población, o si representa un continuo en la expresión biológica entre poblaciones, en este caso, de las rótulas en el dimorfismo sexual humano.

Referencias Bibliográficas

- Ajmani M.L. (1990). A metrical study of the laryngeal skeleton in adult Nigerians. *Journal of Anatomy*, 1990 (171):187-191.
- Ajmani M.L., Jain S.P. y Saxena S.K. (1980). A metrical study of laryngeal cartilages and their ossification. *Anatomischer Anzeiger*, 1980 (148):42-48.
- Akhlaghi M., Sheikhzadi A., Naghsh A. y Dorvashi G. (2010). Identification of sex in Iranian population using patella dimensions. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 2010 (17):150-155.
- Alemán A.I., Botella M.C. y du-Souich, H.P. (1999). Aplicación de las funciones discriminantes en la determinación del sexo. *Estudios de Antropología Biológica – UNAM*, 1999 IX: 221-230. UNAM, México.
- Barnes, E. (2012). Chapter **F**: Lower Limbs. En: Barnes, E., *Developmental Field Anomalies of the Human Skeleton: A Paleopathology Perspective* (p. 185-188). Wiley-Blackwell Inc.
- Barron, P. (2009). *Illustrated Atlas of Musculoskeletal Anatomy*. Second Edition, Pine Island Publishers, Inc.
- Bass, W. (1987). *Human Osteology: A Laboratory and Field Manual*. Missouri Archaeological Society.
- Bellido T. y Gallant, K.M. (2013). Chapter 15: Hormonal effects on bone cells. En: Burr D.V. Y Allen M.R., *Basic and Applied Bone Biology* (p. 299-314). USA: Academic Press.
- Bidmos M.A., Steinberg N. y Kuykendall K.L. (2005). Patella measurements of South African whites as sex assessors. *HOMO – Journal of Comparative Human Biology*, 2005 (56):69-74.
- Berástegui I.M., Correa Zapata J.C., García de Pereda V., García A.G., Garmendia F.S.; Barakaldo E.S. y Vizcaya E.S. (2014). Variantes anatómicas y del desarrollo de la extremidad inferior en el niño. *Sociedad Española de Radiología Médica. Electronic Presentation Online System*. Recurso magnético disponible en enlace DOI: 10.1594/seram2014/S-0263, p. 1-58.
- Black, K. Thomas. (1978). A New Method for Assessing the Sex of Fragmentary Skeletal Remains: Femoral shaft circumference. *American Journal of Physical Anthropology*, 1978 (48):227-232.
- Botella M., Alemán I. y Jiménez S.A. (2000). *Los huesos humanos: manipulación y alteraciones*. Ediciones Bellaterra: Barcelona, España.
- Boucher B.J. (1955). Sex differences in the foetal sciatic notch. *Journal of Forensic Medicine*, 1955 (2):51-54.
- Boucher B.J. (1957). Sex differences in the foetal pelvis. *American Journal of Physical Anthropology*, 1957 (15):581-600.
- Boyan B.D., Tosi L.L., Coutts R.D., Enoka R.M., Hart D.A., Nicoletta D.P., Berkley K.J., Sluka K.A., Kwok C.K., O'Connor M.I., Kohrt W.M. y Resnick E. (2013). Addressing the gaps: sex differences in osteoarthritis of the knee. *Biology of Sex Differences*, 2013, (4)4:1-5.
- Briggs, C.A. (2016). Anthropology: sex determination. En Payne-James J. y Byard R.W. *Encyclopedia of Forensic Medicine and Legal Medicine* (p. 213-220). Second edition, Elsevier: Oxford.

Buikstra, J. y Ubelaker, D.H. (1994). *Standards for data collection from human skeletal remains*. Fayetteville, Arkansas: Archaeological Survey.

Byrd J.E. y Adams B.J. (2008). *Recovery, Analysis, and Identification of Commingled Human Remains*. Humana Press.

Chadwick D. y Goode J. (2002). *The Genetics and Biology of Sex Determination: Novartis Foundation Symposium 244*. Vol. 244. JohnWiley & Sons Ltd., West Sussex, England.

Comisión de Búsqueda de Personas Desaparecidas. (2016). *Recomendaciones para el Fortalecimiento de la Búsqueda, Ubicación, Identificación y Entrega Digna de Personas dadas por Desaparecidas: Acuerdo Conjunto N° 062 del 18 de Octubre de 2015*. Bogotá D.C., Comisión de Búsqueda de Personas Desaparecidas.

Craig, A. (2010). *Essential mathematics and Statistics for Forensic Science*. England: John Wiley y Sons Ltd.

Dawson C., Ross D. y Mallet X. (2011). Sex determination. En: Black S. y Fergusson E. (Eds.), *Forensic Anthropology 2000 to 2010* (p. 61-94). CRC Press

Dayal, M.R. y Bidmos, M.A. (2005). Discriminating sex in South African blacks using patella dimensions. *Journal of Forensic Sciences*, 2005 50(6):1-4.

Duque G.D. y Blandón L.X. (2016). *Análisis de funciones discriminantes de la patela para determinar dimorfismo sexual en una muestra de población mexicana contemporánea* [dissertation]. Colombia: Universidad de Caldas.

Dwight T. 1881. The sternum as an index of sex and age. *Journal of Anatomy*, 1881 15:327-330.

Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS®*. Third Edition, London: Sage Publications, Ltd.

Fiscalía General de la Nación. [Internet]. Colombia: Estadísticas Unidad Nacional de Fiscalías para la Ley de Justicia y Paz; [Citado 2016 Noviembre 10]. Disponible en: <http://www.fiscalia.gov.co/jyp/unidad-de-justicia-y-paz/>.

France D.L. (1998). Observational and metric analysis of sex in the skeleton. En: K.T. Reichs, *Forensic Osteology: Advances in the Identification of Human Remains* (p. 163-186). Second edition, Springfield: Charles C. Thomas Publisher.

Galloway A., Willey P. y Snyder L. (1997). Human bone mineral densities and survival of bone elements: a contemporary sample. En: W.D. Haglund y M.H. Sorg, *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains* (p. 295-315). CRC Press.

García L.H.G., García C.M.R., Fuentes I.G. y Victoria N.P. (2003). Articulación de la rodilla y su mecánica articular. *MEDISAN*, 2003 7(2):1-10.

Giles E. y Elliot O. (1963). Sex determination by discriminant function analysis of crania. *American Journal of Physical Anthropology*, 1963 (21):53-68.

Giles E. y Klepinger L. (1988). Confidence intervals for estimates based on linear regression in forensic anthropology. *Journal of Forensic Sciences*, 1988 33(5):1218-1222.

Goldstein S.A., Coale E., Weiss A.P.C., Grossnickle M., Meller B. y Matthews L.S. (1986). Patellar surface strain. *Journal of Orthopaedic Research*, 1986 4(3):372-377.

Goldstein S.A., Weiss A.P.C., Kasman R. y Matthews L.S. (1984). Surface strain studies of the human patella. *Journal of Biomechanics*, 1984 17(11):868.

Guerrero, J.M. y Sanabria, M.C. (2013). Dimorfismo sexual en clavículas de una muestra de población colombiana moderna colombiana. *Revista Colombiana de Medicina Legal y Ciencias Forenses*, 2013 1(1):38-41.

Harjeet J.I. y Shani D. (2002). Dimensions and weight of the cricoid cartilage in northwest Indians. *Indian Journal of Medical Research*, 2002 (116):207-216.

ICRC. (2002). *The missing: ICRC Progress Report*. Geneva, Switzwerland: International Committee of the Red Cross.

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2011). "Circular 08-2011", con la cual se define el término "cadáver complejo".

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. [Internet]. Cifras centralizadas en el RND – Registro Nacional de Desaparecidos (<http://sirdec.medicinalegal.gov.co:58080/rnd/>) [Citado 2016 Noviembre 10]. Disponible en: http://www.medicinalegal.gov.co/el-instituto/-/asset_publisher/4Of1Zx8ChtVP/content/inmlcf-comprometido-con-la-busqueda-e-identificacion-de-los-desaparecidos-en-colombia;jsessionid=27AD093DC452DDD2B4BE0532A88A107E?redirect=http%3A%2F%2Fwww.medicinalegal.gov.co%2Fel-instituto%3Bjsessionid%3D27AD093DC452DDD2B4BE0532A88A107E%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_4Of1Zx8ChtVP%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D5

Introna F., di Vella G., Campobasso C.P. (1998). Sex determination by discriminant analysis of patella measurements. *Forensic Science International*, 1998 (95):39-45.

Isaza, J., Díaz C.A., Bedoya J.F., Monsalve T. y Botella M.C. (2014). Assessment of sex from endocranial cavity using volume-rendered CT scans in a sample from Medellín, Colombia. *Forensic Science International*, 2014 (234):186.e1-186.e10.

Isaza J. (2015). La antropología física y el diagnóstico del sexo en el esqueleto a partir del cráneo: métodos actuales y futuras perspectivas. *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*, 2015 30(50):94-126.

Işcan M.Y. (2005). Forensic Anthropology of sex and body size. *Forensic Science International*, 2005 147:107-112.

Işcan M.Y. y Steyn M. (2013). *The human skeleton in forensic medicine*. Third Edition, Springfield: Charles C. Thomas Publisher.

Jana T.K., Giri S., Roy H., Kar M. y Santra S. (2013). Patellar anthropometry in sex differentiation: a study in the northern parth of West Bengal, India. *Journal of Indian Medical Association*, 2013 111(10):657-660.

Jovanović S. y Zivanović S. (1965). The establishment of sex by the greater sciatic notch. *Acta Anatomica*, 1965 61:101–107.

Kayalvizhi I., Arora S., Dang B., Bansal S., & Narayan R.K. (2015). Sex Determination by Applying Discriminant Functional Analysis on Patellar Morphometry. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 2015 4(11):1511-1515.

Kemkes-Grottenthaler, A. (2005). Sex determination by discriminant analysis: an evaluation of the reliability of patella measurements. *Forensic Science International*, 2005 (147):129-133.

Kimmerle E.H., Jantz R.L., Konigsberg L.W. y Baraybar J.P. (2008). Skeletal Estimation and Identification in American and East European Populations. *Journal of Forensic Sciences*, 2008 53(3):524-532.

Klepinger, L. (2006). *Fundamentals of Forensic Anthropology*. John Wiley y Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Komar D.A. Y Buikstra J.E. (2007). *Forensic Anthropology: contemporary theory and practice*. Oxford University Press.

Krenzer, U. (2006). *Compendio de métodos antropológicos forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico*. Guatemala: CAFCA.

Krishan K., Chatterjee P.M., Kanchan T., Kaur S. y Baryah N. (2016). A review of sex estimation techniques during examination of skeletal remains in forensic anthropology casework. *Forensic Science International*, 2016 261:165.e1-165.e8.

Kroemer K.H.E. y Chaffin D.B. (1982). *Anthropometry and Biomechanics: Theory and Application*. New York & London: Plenum Press.

Krogman W.M. e İşcan Y.M. (1986). *The human skeleton in Forensic Medicine*. Ch C. Thomas Ed. Springfield, Illinois.

Lawson, J. P. (1994). International Skeletal Society Lecture in honor of Howard D. Dorfman: clinically significant radiologic anatomic variants of the skeleton. *American Journal of Roentgenology*, 1994 163(2):249-255.

Lee U.Y., Kim I.B. y Kwak D.S. (2015). Sex determination using discriminant analysis of upper and lower extremity bones: new approach using the volume and surface area of digital model. *Forensic Science International*, 2015 (253):135.e1-135.e4.

Levy J.H. (2010). *Biomechanics: Principles, Trends and Applications*. New York: Nova Science Publishers, Inc.

Lucy D. (2005). *Introduction to statistics for Forensic Scientists*. England: John Wiley y Sons Ltd.

Mahfouz M., Badawi A., Merkl B., Fatah A.E.E., et al. (2007). Patella sex determination by 3D statistical shape models and nonlinear classifiers. *Forensic Science International*, 2007 (173):161-170.

Ministerio del Interior. [Internet]. [Citado 2016 Noviembre 10]. Reporte de prensa. Disponible en: <http://www.mininterior.gov.co/sala-de-prensa/noticias/mininterior-encontro-28195-personas-no-identificadas-en-cementerios-del-pais>

Moore-Jansen P.M., Ousley S.D. y Jantz R.L. (1994). *Data collection procedures for forensic skeletal material*. Second edition, Pine Island Publishers, Inc.

Moore M.K. (2013). Chapter 4: Sex estimation and assessment. En: DiGangi E. y Moore M, *Research Methods in Human Skeletal Biology* (p. 91-116). USA: Elsevier, Academic Press.

Moore M.K., DiGangi E., Niño-Ruiz F.P., Hidalgo-Dávila O.J., Sanabria M.C. (2016). Metric sex estimation from the postcranial skeleton for the Colombian population. *Forensic Science International*, 2007 (e1-8):262-286.

Netter, F.H. (2007). *Atlas de Anatomía Humana*. Cuarta edición en español, Elsevier Masson Press.

Nordin, M. y Frankel, V.H. (2001). *Biomecánica Básica del Sistema Musculoesquelético*. Tercera edición en español, España: McGraw Hill.

Osorio R.H. y Sanabria M.C. (2016). Dimorfismo Sexual en Tejidos Óseos. En: Sanabria M.C. (Ed.) *Patología y Antropología Forense de la Muerte: la Investigación Científico-Judicial de la Muerte y la Tortura, desde las Fosas Clandestinas, Hasta la Audiencia Pública* (Pp. 179-220). Bogotá: Forensic Publisher.

Palfrey A.J. (1974). The sciatic notch in male and female innominate bones. *Journal of Anatomy*, 1974 118(2):382.

Pangson A., Wongchanapai W., Thamatakerngkit S. y Sangvichien S. (2010). The different values of patella measurement between sexes in Thai population. *Journal of Forensic Physician Association of Thailand*, 2010 (4):103-112.

Pařízková, J. (1995). Estructura y composición corporal, capacidad funcional y nutrición durante el crecimiento y desarrollo. *Estudios de Antropología Biológica - UNAM*, 1995 V: 383-395.

Phenice, T.W. (1969). A newly developed visual method of sexing the os pubis. *American Journal of Physical Anthropology*, 1969 (30):297-302.

Phoophalee P., Prasitwattanaseree S., Riengrojpitak S., y Mahakkanukrauh P. (2012). Sex Determination by Patella Measurements in Thais. *Proceedings of AGRC, Forensic Science Graduate Programme, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, Thailand*: 472-477.

Registro Único de Víctimas. [Internet]. [Citado 2016 Noviembre 10]. Disponible en: <http://rni.unidadvictimas.gov.co/?q=node/107>

Relethford J.H. y Hodges D.C. (1985). A statistical test for differences in sexual dimorphism between populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 1985 66(1):55-61.

República de Colombia, Ministerio de Salud. (1993). "Resolución N° 008430 de 04 de Octubre de 1993", por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la Investigación en Salud.

Reverte-Coma, J.M. (1999). *Antropología Forense*. Segunda edición, Ministerio de Justicia: Madrid.

Ríos L., García-Rubio A., Martínez B., Coch C. y Llidó S. (2011). Short review: field recovery and potential information value of small elements of the skeleton. *HOMO – Journal of comparative Human Biology*, 2011 (62):270-279.

Rodríguez, J.V. (2004). *La Antropología Forense en la identificación humana*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Rodríguez, J.V. (2011). *La identificación humana en Colombia: avances y perspectivas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Rosique G.J., Gallego P.A. y Ospina C.I. (2005). Determinación del sexo en cráneo y mandíbula en una muestra contemporánea de Medellín. *Maguaré*, 2005 19:213-232.

Ruibal Villanueva M.C., Sucasas-Hermida P., Saborido-Avila C., Rodríguez Álvarez M., Nieto P.A., Fernández A.D.; Vigo ES. (2013). Bone and soft tissue variants of knee with Magnetic Resonance. *European Society of Radiology. Electronic Presentation Online System*. Recurso magnético disponible en enlace DOI: <http://dx.doi.org/10.1594/ecr2013/C-2420>, p 1-58.

Sanabria M.C. (2008). *Antropología Forense y la Investigación Médico Legal de las Muertes*. Bogotá: Asociación Colombiana de Antropología Forense.

Sanabria M.C. (Ed.) (2016). *Patología y Antropología Forense de la Muerte: la Investigación Científico-Judicial de la Muerte y la Tortura, desde las Fosas Clandestinas, Hasta la Audiencia Pública*. Bogotá: Forensic Publisher.

Sampieri H.R., Fernandez C.C. y Baptista L.P. (2006). Capítulo 8: Selección de la Muestra. En: Sampieri H.R., Fernandez C.C. y Baptista L.P., *Metodología de la Investigación* (p. 235-271). Cuarta edición, México: McGraw-Hill.

Sanjuan C.R., Jiménez H.P.J., Gil M.E.R., Sánchez R.R.J. y Fenollosa G.J. (2005). Biomecánica de la rodilla. *Patología del Aparato Locomotor*, 2005 3(3):189-200.

Schaefer M., Black S. y Scheuer L. (2009). *Juvenile Osteology: A Laboratory and Field Manual*. Academic Press, Elsevier Inc.

Scheuer L. y Black S. (2000). *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press, Elsevier Inc.

Silva F.R., Franco A., Mendes C.S.D.S., Picolli F.F. y Marinho A.D.E. (2014). Human identification through the patella: report of two cases. *Forensic Science International*, 2014 (238):11-14.

Steele D.G. y Bramblett C.A. (2007). *The Anatomy and Biology of the Human Skeleton*. Texas A & M University Press.

Stewart T.D. (1948). Medico-legal aspects of the skeleton: Age, sex, race and stature. *American Journal of Physical Anthropology*, 1948 (6):315-321.

Téllez R.N. (2014). *Patología Forense: un enfoque centrado en derechos humanos*. Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Medicina.

Testut L. y Latarjet A. (1977). *Anatomía Humana, 4 Vols*. Ed. Salvat: Barcelona.

Thieme F. y Schull W. (1957). Sex determination from the skeleton. *Human Biology*, 1957 29:242-273.

Uribe M.V. (1990). *Matar, Rematar y Contramatar: las Masacres de la Violencia en el Tolima 1948-1964*. Bogotá: Centro de Investigación y Estudios Populares (CINEP).

Vrezas I., Elsner G., Bolm-Audorff U., Abolmaali N. y Seidler A. (2010). Case-control study of knee osteoarthritis and lifestyle factors considering their interaction with physical workload. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 2010, (83):291-300.

Washburn S.L. (1948). Sex differences in the pubic bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 1948 (6):199–208.

Weiss, K.M. (1972). On the systematic bias in Skeletal Sexing. *American Journal of Forensic Anthropology*, 1972 37:239-250.

White T. y Folkens P. (2005). *The human bone manual, Chapter 15 - Leg: Femur, Patella, Tibia, and Fibula*. Academic Press, Elsevier Inc.

Yoo H.J., Yi R.S. y Kim H.J. (2007). The geometry of patella and patellar tendon measured on knee MRI. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 2007 (29):623-628.